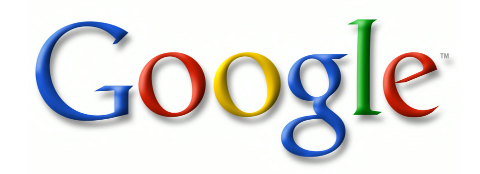
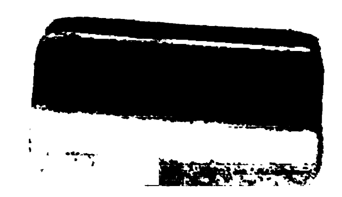

Google


UC-NRLF
$B 98 607
YE 00897



DIE

ERFINDUNG DES THERMOMETERS

UND

SEINE GESTALTUNG IM XVII. JAHRHUNDERT.

VON

Dr. FRITZ BURCKHARDT.

MIT EINER LITHOGR. TAFEL.

BASEL
CARL SCHULTZE'S UNIVERSITÆTSBUCHDRUCKEREI.
1867.

Berichtigung. Seite 32, Z. 10 v. o. soll Fig. XV stehen statt Fig. XI.



Die Erfindung des Thermometers.

Die Beurtheilung des Wärmezustandes oder der Temperatur, in welcher sich ein Körper befindet, ist eine höchst unsichere, wenn sie nur auf Grund der Empfindungen vorgenommen wird, welche durch den Tastsinn vermittelt werden. Eine der ersten Beobachtungen, welche diese Unsicherheit auf das Klarste erwiesen hat, und welche auch heute noch als der einfachste Beweis für dieselbe gilt, ist die, dass nach unserer Empfindung zu urtheilen die Wärme eines Kellers im Winter viel höher ist als im Sommer, während jede Messung das Umgekehrte ergibt [1]). Um also die Temperatur richtig oder annähernd richtig zu beurtheilen, bedarf es noch anderer Mittel als derer, welche uns das trügerische Gefühl bietet; es bedarf irgend welcher Erscheinungen, welche unabhängig von unserem Tastsinne wahrgenommen werden können.

Die allgemeinste Wirkung, welche die Wärme auf alle Körper ausübt, ist die, dass sich die Körper unter ihrem Einfluss ausdehnen. Wie alt die Kenntniss dieser Fundamentalerscheinung ist, vermag ich nicht anzugeben. Hero von Alexandrien [2]) kennt die Ausdehnung der Körper durch die Wärme; der Gebrauch der Schröpfköpfe, deren Wirkung hauptsächlich auf der durch Wärme verdünnten Luft beruht, ist ein sehr alter, und gewiss war die Anwendung derselben derjenigen gleich, welche heute gemacht wird. Man wird auch früher die Luft gewöhnlich durch die Wärme verdünnt haben: die Schröpfköpfe wie die Eichelnäpfe anzusaugen, dürfte weder sehr leicht, noch für den Saugenden sehr bequem sein. Allein auch diese Methode ist denkbar; erfahren wir doch von Thomas Bartholinus [3]): *In Helvetia in*

---

[1]) Brief *Sagredo's* an *Galilei.* Opere di Gal. Galilei. Fir. 1842—1856. VIII. Commerc. epist. III. 345—346. 7. Febr. 1615. Mit diesen Instrumenten habe ich deutlich gesehen, dass das Wasser unserer Brunnen im Winter kälter ist als im Sommer und ich meinestheils glaube, dass diess bei Quellen und unterirdischen Räumen auch statt finde, obgleich unser Gefühl anders urtheilt. *Fr. Bacon:* Sylv. sylv. Cent. IX. 885. Amsterd. 1684. IV Band p. 487 ist noch entgegengesetzter Ansicht.

[2]) *Heronis Alexandr.* Spirital. lib. a Federico Commandino Urbinate ex Græco nuper in Latinum conversus. Parisiis 1583, p. 10. Injectus enim ignis corrumpit et extenuat aërem, qui in ipsis (cucurbitulis) continetur, quemadmodum et alia corpora ab igne corrumpuntur et in tenuiores substantias mutantur. — Allerdings läuft eine Verwechslung von Ausdehnung und Verbrennung mit unter.

[3]) *Thomæ Bartholini* De Pulmonum substantia et motu diatribe. Hafniæ 1663. Sect. V, p. 90.

thermis Badensibus vidi cornua multis corporis locis affixa valido spiritu oris a balneatore. Noch vor einem Menschenalter wurde diese Methode in Baden angewandt. Die verschiedenen Formen der Schröpfköpfe beschreibt und zeichnet Reyher [1]), eine besondere Form Hero [2]).

Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme kann also als eine längst bekannte Thatsache betrachtet werden. Wenn nun die auf Erregungen des Tastsinns beruhenden Wahrnehmungen nicht den jeweiligen Erregungen selbst entsprechend sind, wenn sich also irgend welche anderen Einflüsse geltend machen, welche die Beurtheilung der Temperatur beeinflussen, so ist es nöthig, ein anderes Sinnesorgan zu Hilfe zu nehmen. Als einfachstes Auskunftmittel erscheint das, dass nach den Eindrücken des Gesichtssinnes die Ausdehnung der Körper wahrgenommen und hienach die Temperatur beurtheilt wird.

Eine Vorrichtung, welche dazu dient, Temperaturveränderungen durch den Gesichtssinn wahrzunehmen und darnach heurtheilen zu können, heisst ein Thermoskop; ist es so eingerichtet, dass nicht bloss das Mehr und Weniger, sondern auch das Mass des Zuwachses oder der Abnahme beurtheilt werden kann, so heisst es Thermometer.

Da in der Geschichte der Erfindung dieses wichtigen Instrumentes noch manche Punkte unklar sind, da sich namentlich einige bald wesentlichere, bald unwesentlichere Irrthümer festgesetzt haben und selbst einige von den genauesten bisherigen Angaben vor einer nochmaligen Prüfung nicht Stand halten, so ist es vielleicht eine nicht vergebliche Arbeit, die älteren und neueren Materialien zu untersuchen und die Ansprüche zu vergleichen, welche auf die Erfindung des Instrumentes erhoben werden. Es hat dieses Studium seinen besondern Reiz, einen andern, als ihn die Erforschung neuer Gebiete der Wissenschaft darbietet, weil man dadurch gerade mitten in ein Zeitalter zurückgeführt wird, in welchem unsere physikalischen Kenntnisse einen sichern Boden gewonnen und sich aus der frühern unselbstständigen Form herausgearbeitet haben zu selbstständigem Leben.

Wenn wir die Bedeutung eines Zeitalters für die Wissenschaft nicht nach der Summe der angehäuften Thatsachen, sondern nach der Erkenntniss derjenigen Gesetze beurtheilen, auf welche sich die bekannten Thatsachen zurückführen lassen, so möchten wohl andere Zeiten der unsrigen den Rang streitig machen; namentlich ist das Jahrhundert, in dessen Beginn die vollkommensten Arbeiten des grössten Physikers, Galilei's, fallen, in dem ein Huyghens gelebt hat und ein Newton geboren worden, in Bezug auf die physikalische Wissenschaft von keiner andern Zeit übertroffen worden. In diese Zeit fällt die Erfindung des Thermoskopes oder Thermometers.

---

[1]) *Samueli Reyheri* Tractatus mathematicus de Pneumatica etc. Hamburgi 1725. Cap. V. p. 28 seqq.

[2]) *Heronis* Spirital. lib. Probl. LVI. Cucurbitulæ constructio, quæ sine igne attrahit. — Es wird mittelst einer Pumpe die Luft herausgesogen.

Da man von diesen beiden Bezeichnungen trotz der angegebenen Begriffsverschiedenheit gewöhnlich die letztere allein braucht, so werde ich mich im Folgenden, wo es nicht anders geboten ist, auch vorzugsweise des Namens Thermometer bedienen.

Gerne würde ich solche Thatsachen, die seit Langem festgestellt sind, übergehen und mich auf die Punkte beschränken, welche durch meine Untersuchung modifiziert werden; allein ich darf weder die allgemeine Bekanntschaft mit den festgestellten Thatsachen voraussetzen, noch kann es etwas schaden, wenn die alte Wahrheit gegenüber den alten Irrthümern wiederholt wird.

Wenn wir Diejenigen, deren Ansprüche durch die überzeugendsten Beweise abgewiesen sind, und welche sonst auf die Entwicklung des Instrumentes, auf dessen Anwendung und Verbreitung keinen Einfluss ausgeübt haben, bei Seite lassen, so treten allein noch in den Vordergrund drei Namen, die wir in ganz zufälliger Ordnung nennen, nämlich Cornelius Drebbel von Alkmar, Galileo Galilei und Sanctorius Sanctorius von Capo d'Istria.

Unter den Schriften, welche uns physikalische Kenntnisse des Alterthums überliefern, nimmt das oben angeführte Buch »Pneumatica« von Hero von Alexandrien eine bedeutende Stellung ein. Im Jahre 1575 wurde dasselbe von Federicus Commandinus aus dem Griechischen ins Lateinische übertragen und durch den Druck verbreitet [1]). Die Bedeutung dieser Schrift für die damalige Zeit mag wenigstens theilweise daraus ermessen werden, dass sie noch vor dem Schluss des 16. Jahrhunderts in einer zweiten lateinischen Ausgabe in Paris 1582, in zwei italiänischen, nämlich in Ferrara 1589 und in Urbino 1592 erschienen ist; auch bis in die neueste Zeit ist sie in verschiedene Sprachen übersetzt worden. So weit mir bekannt, ist der Urtext zuerst 1693 von Thévenot in Paris publiziert [2]). Diese Schrift enthält eine Menge Anwendungen des Hebers, des Heronsballes und Heronsbrunnens und in der Einleitung einige Auseinandersetzungen über das Vacuum; in diesem wird folgender Versuch beschrieben [3]):

Wenn man ein ovales Glasgefäss mit enger Oeffnung mit Flüssigkeit füllen will, so saugt man die Luft, welche darin enthalten ist, mit dem Munde heraus, hält die Oeffnung mit dem Finger zu und kehrt sie in der Flüssigkeit um; sowie der Finger hinweggethan wird, wird die

---

1) *Heronis Alexandrini* Spiritalium liber. A Federico Commandino Vrbinate. Ex Græco nuper in Latinum conversus etc. *Urbini 1575.*

2) Siehe Translaters preface der englischen Ausgabe. London 1851.

3) Ausgabe von 1583, pagg. 9 u. 10. Ich habe ovales Glasgefäss übersetzt; in der ersten Ausgabe des Urtextes steht p. 147: *τὰ γὰρ ἰατρικὰ ὠὰ ὑέλινα ὄντα καὶ σύστομα, ὅταν βούλωνται πληρῶσαι ὑγροῦ* u. s. w. Die lateinischen Uebersetzungen geben: *ova enim medica, quæ ex vitro constant, et angusti sunt oris.* Die italiänische p. 8: *perciocchè l'uova di vetro da tenere liquori odoriferi, che hanno la bocca stretta.* Solche Gläser scheinen früher mehr gebraucht worden zu sein als jetzt, zur Aufbewahrung wohlriechender Stoffe; siehe darüber auch *Reyheri* Pneumatica 1725, pagg. 29 u. 30.

Flüssigkeit in den leeren Raum hinaufgezogen und steigt der Natur zuwider in die Höhe; hieher gehören auch die Schröpfköpfe, die, an den Körper gebracht, trotz ihrer offenbaren Schwere nicht abfallen, sondern aus demselben Grunde die umliegende Materie durch die Poren des Körpers anziehen; denn das hineingebrachte Feuer verdirbt und verdünnt die darin enthaltene Luft, wie denn auch andere Körper von dem Feuer verdorben und in dünnere Substanzen verwandelt werden.

Wenn wir annehmen dürfen, dass die Physiker, welche sich mit Luft und Wasser beschäftigten, mit Herô bekannt gewesen seien — und man kann bei jedem Spuren der Bekanntschaft nachweisen — so lag nach der Erklärung Hero's der Versuch nicht ferne, die Luft im Glasgefäss durch Wärme zu verdünnen und das Aufsteigen der Flüssigkeit zu beobachten. Vielleicht hat Hero selbst diesen Versuch auch angestellt und ihm keinen besondern Werth beigemessen, beschrieben hat er ihn nicht. Allein er hat andere Versuche beschrieben, welche auf der Bewegung von Flüssigkeiten durch Wärme beruhen. Wir theilen die schematische Zeichnung zu einem seiner Versuche in unserer Fig. XIV nach R. Flud [1]) mit:

A ist ein hohler Kasten, der mit Luft gefüllt und mit dem Gefäss *C* durch das Rohr *E F* in Verbindung gesetzt ist. *G H* ist ein gekrümmtes, beiderseits offenes, zum Grunde der Gefässe *C* und *L* reichendes Rohr. Das Gefäss *C* wird fast ganz mit Wasser gefüllt und dann auf dem Kasten *A* ein Feuer angezündet. Die in demselben sich erwärmende Luft dehnt sich aus, nimmt einen grössern Raum ein, verdrängt also das Wasser aus dem Gefäss *C* in das Gefäss *L*. Wird das Feuer gelöscht, so kühlt sich die Luft wieder ab, zieht sich zusammen und das nach *L* gedrängte Wasser tritt nach *C* zurück. Das Gefäss *L* wird dadurch bald leichter, bald schwerer; auf diese Bewegung und Gewichtsänderung gründet Hero mehrere Apparate [2]). Der Beobachter aber, welcher durch den erstgenannten Versuch erkannt hat, dass ein höherer Wärmegrad die Luft mehr, ein geringerer Wärmegrad weniger ausdehnt, hat das erste, zwar sehr unvollkommene Instrument gemacht, welches man Thermometer nennen kann.

Dieser Versuch, und somit die Erfindung des Thermometers wird trotz vielen Einwänden gewöhnlich für Cornelius Drebbel von Alkmar in Anspruch genommen, einen Mann, der zu seiner Zeit in dem Rufe ganz besonderer Geschicklichkeit und Kunstfertigkeit stand. Und in der That, wenn er Alles das, was ihm nachgerühmt wird, wirklich ausgeführt hätte, so wäre er der geschickteste Künstler aller Zeiten gewesen. Ich zähle seine da und dort mitgetheilten Erfindungen hier nicht auf, weil sie mich zu weit von meinem Ziele ableiten würden [3]).

---

1) *R. Flud,* Utriusque Cosmi Historia I, 32. (1617.)

2) *Hero,* Spirit. 1583, pag. 44—47 (XI); pag. 87—91 (XXXVII u. XXXVIII).

3) Siehe darüber *Reyheri* Pneumat. 1725. Cap. II. § 28—31. p. 14 u. 15. Cap. VII. § 21. p. 54. Cap. XXXI, § 6. p. 189. *Monconys* Journal d. Voyag. II. 40 u. 41. Dieser sah noch einige Stücke, welche von Drebbel herrührten, bei dessen Tochtermann Dr. Keiffer, *le quel trauaille continuellement à la chimie, mais il n'a*

Wir haben blos zu untersuchen, mit welchem Rechte diesem Künstler die Erfindung des Thermometers zugeschrieben wird.

Es wird gewöhnlich angegeben, er habe um das Jahr 1621 einen Traktat von der Natur der Elemente publiziert und darin das betreffende Instrument beschrieben. Nun ist diese Schrift aber viel früher verfasst, als sämmtliche Forscher bis jetzt angenommen haben. Denn ich habe Gelegenheit gehabt, ein Exemplar von 1608 zu sehen und zwar schon eine Uebersetzung aus dem Holländischen ins Deutsche [1]). Im siebenten Capitel befindet sich folgender Versuch:

Die Luft wird in einer Retorte (siehe Fig. I) erwärmt, dehnt sich aus und tritt in Blasen über das Wasser, welches den Mund der Retorte verschliesst. Wenn sich sodann die Luft in der Retorte wieder abkühlt, so tritt das Wasser in die Retorte zurück.

Mehr als dieses Experiment theilt Drebbel nicht mit; es geht daraus hervor, dass er noch um keinen bedeutenden Schritt weiter ist, als Hero. Es ist diess um so bemerkenswerther, als die Mittheilung Drebbels nicht unabhängig zu sein scheint von einer im Jahre 1606 von Porta publizierten Schrift [2]), in welcher ein ähnlicher Versuch besprochen, aber zu einer weitern Consequenz verwerthet wird; dass aber auch Porta nicht eine Art von Thermoskop herstellt oder herstellen will, geht aus seiner Beschreibung hervor, welche wir nach Libri [3]) mittheilen.

Porta will nicht blos, wie später Drebbel, zeigen, dass sich die Luft durch die Wärme ausdehnt, sondern er will messen, um wie viel sie sich unter der Einwirkung des Feuers ansdehnen kann, und diese Messung hat er in geschickter Weise ausgeführt.

Eine mit Luft gefüllte Retorte, deren Oeffnung in einem Wassergefässe sich befindet, wird über Feuer gesetzt; hat die Luft die höchste Temperatur angenommen, welche ihr das Feuer mittheilen kann, so hört das Ausströmen der Luft durch das Wasser auf; wird in diesem Momente die Retorte vom Feuer genommen, so zieht sich die Luft zusammen und das Wasser dringt in die Retorte ein; nachdem diese abgekühlt, ist nur noch ein Theil mit Luft von früherer Dichtigkeit gefüllt. Wird die Retorte wieder erwärmt, so dehnt sich die Luft so lange aus, bis sie genau die Retorte wieder erfüllt und zieht sich auf das frühere Mass zusammen. Man bezeichnet den Rand des Luftraumes mit einem Strich, misst die Wassermenge,

---

trouué rien de nouueau, et tout ce qu'il sçait de plus beau, c'est ce qu'il a profité de feu son beau-pere. Harsdörffer, Delitiæ mathem. et phys. Nürnberg 1651. p. 398—400.

[1]) Dieses Exemplar gehört der königl. Universitätsbibliothek in Göttingen; der Direction dieser Bibliothek bin ich für die grosse Liberalität, mit welcher sie mir nothwendige Hilfsmittel zugestellt und zum Gebrauch überlassen hat, zu tiefstem Dank verpflichtet.

[2]) I tre libri de Spiritali di *Giambattista della Porta.* Napoli 1606. 4⁰. pag. 46. In der frühern Ausgabe von 1601 findet sich, wie schon *Libri* hist. d. sc. math. III. 196 bemerkt, die Zeichnung nicht.

[3]) *Libri* hist. d. sc. math. III. 469 u. 470.

welche in diesem Raume, und die, welche in der ganzen Retorte Platz hat und bestimmt dadurch den Grad der Verdünnung, welchen die Luft durch das Feuer erlangt.

Nach der eigenen Beschreibung Porta's sollte man genau die gleiche Zeichnung, wie die Drebbels erwarten; er gibt sie aber so, wie wir sie in Fig. II dargestellt haben.

Allein schon im 17. Jahrhundert wird Drebbel von vielen Autoren als Erfinder des Thermometers angesehen und zwar nicht erst, wie häufig angenommen wird, von D*** (Dalencé), dem anonymen Verfasser des *Traittez des Barométres, Thermométres et Notiométres ou Hygrométres. Amsterdam 1688*, der allerdings Drebbel als Erfinder nennt, sondern schon früher, von Ens[1]), Reyher[2]), Maignan[3]). Auch später fand diese Annahme ihre Vertreter zum Theil an so bedeutenden Persönlichkeiten, wie Musschenbroek[4]), Börhaave[5]), Nollet[6]), DeLoys[7]), van Swinden[8]) u. a., dass man wohl sagen kann, im vorigen Jahrhundert sei Drebbel allgemein als Erfinder angesehen worden. Dabei erlitt das Instrument nach und nach Veränderungen, behielt aber immer den Namen Drebbels, so dass es endlich kaum mehr zu erkennen war.

E. Wohlwill[9]) hat in jüngster Zeit gezeigt, wann zuerst die Erfindung des Thermometers an Drebbels Namen geknüpft worden ist, und hat nach der wahrscheinlichen Ursache dieser Verknüpfung gefragt. Da mich meine eigenen Nachforschungen in Betreff des ersten Punktes zu demselben Resultate geführt haben, welches Wohlwill vor zwei Jahren publiziert hat, so kann ich mich kurz fassen und nur so viel mittheilen, als des Zusammenhanges wegen nöthig ist.

In dem zu seiner Zeit berühmten und verbreiteten Buche: *Récréation mathématique,* welches im Jahre 1624 in erster Auflage unter dem Namen van Etten publiziert wurde, und welches als Autor einen Jesuiten P. Leurechon hatte, ist das 76. Problem eine Beschreibung des Thermometers: *Du Thermometre ou instrument pour mesurer les degrez de chaleur ou de froidure, qui sont en l'air.* (Siehe Fig. III.) Dieses Buch wurde in verschiedene Sprachen übersetzt und kam in französischer Sprache in mehreren Auflagen heraus; die älteste, welche unsere Bibliothek besitzt, und welche ich überhaupt habe zu Rathe ziehen können, ist die vierte und datiert von 1627. Ob alle verschiedenen Auflagen bis zu der von Mydorge redi-

---

1) *Ens,* Thaumaturgus mathem. Cöln 1651. Probl. 83, p. 132.
2) *Reyher,* Dissert. d. aëre, Cap. II und später Pneumat. Cap. VII, § 14, p. 52.
3) *Maignan* nach *Boyle* Exp. touch. Cold. 1665. p. 801.
4) *Musschenbroek,* Tentam. Exper. nat. Acad. del Cim. 1731. Additam. p. 8.
5) *Börhaave,* Chem. I, 152 u. 153. (1732.)
6) *Nollet,* Leçons de phys. 1771. IV. 386.
7) *De Loys,* Abrégé chronol. p. servir à l'hist. de la phys. Strassb. 1786. Cinq. Epoque pag. 115 sq.
8) *van Swinden,* Dissert. s. la comp. des therm. Amsterdam 1778. pag. 4.
9) Pogg. Ann. CXXIV, pag. 163—178.

gierten von Leurechon stammen, scheint mir nicht ganz ausgemacht, doch gehört dies nicht hieher. Von einem Erfinder spricht diese Schrift nicht.

Caspar Ens[1]) übersetzt das Problem der *Récréation*, allein in der Ueberschrift erscheint hier zum ersten Male *thermometra sive instrumentum Drebilianum;* während eine, mir übrigens unbekannte holländische Uebersetzung[2]) der *Récréation* diesen Mann eben so wenig nennt, als die spätern Auflagen des Buches selbst. Reyher[3]) nennt als muthmasslichen Erfinder Drebbel, und auf ihn beruft sich Sturm[4]), auf diesen das *Journal des Savans 1678* (VI), und ohne Zweifel hat Dalencé aus dieser Schrift seine Notiz, wie manche andern entlehnt. Sie ist später durch die Autorität vieler Physiker gestützt worden, ohne dass auch nur die geringste Thatsache zu Gunsten Drebbels hätte angeführt werden können. Selbst Musschenbroek[5]), welcher sich viele Mühe gibt, die Priorität für Drebbel in Anspruch zu nehmen, weiss für dieselbe nur anzuführen, dass schon vor 120 Jahren die Thermometer in Holland verbreitet gewesen seien.

Dass sich Drebbel auch thermometrischer Vorrichtungen bedient hat, wissen wir aus Monconys[6]) Reisebericht. An einen Ofen hatte er ein Rohr angebracht, in welchem sich Quecksilber befand, durch dessen Steigen und Fallen die höhere oder niedrigere Temperatur des Ofens angezeigt wurde und verschiedene seiner Kunststücke, namentlich auch sein *perpetuum mobile* mögen auf die Ausdehnung durch die Wärme zurückzuführen sein. Die feste Verknüpfung des *perpetuum mobile* mit dem Namen des Tausendkünstlers mag nun sehr wohl Veranlassung gegeben haben, das Thermometer, welches man in jenen Zeiten als eine Art immerwährender Bewegung ansah, mit Drebbel in Verbindung zu bringen. Drebbel selbst mag nach der Erfindung des Thermometers geglaubt haben, in diesem Instrument die Lösung des grossen Problems gefunden zn haben, ohne dass er je selbst die Erfindung für sich in Anspruch genommen hat. So glaubt Wohlwill, und ich stimme ihm vollständig bei, dass Drebbels Thermoskop nur ein interessanter Beitrag zur Geschichte des modernen Mythus bleiben wird.

Ein anderer Mann, der zwar weniger oft in Verbindung mit dem Thermometer genannt wird, dem aber dennoch von Einigen die Erfindung zugeschrieben wird, ist Sanctorius Sanctorius Justipolitanus, ein berühmter und hochverdienter Lehrer und Arzt, zuerst in Padua, dann in Venedig. Borelli[7]), Poleni[8]), DelaHire der Jüngere[9]), Boc-

[1]) Thaumaturgus mathematicus. Cöln 1651. Probl. 83, pag. 132.

[2]) Mathematische Vermaecklyckheden. 3. Aufl. 1644.

[3]) Dissertatio de aëre. Cap. II.

[4]) *Chr. Sturm*, Colleg. curios. experiment. 1676. Auct. p. 89.

[5]) *Hennert*, Traité des therm. 1758, p. 3 u. 4. *Musschenbroek*, Cours de phys. exp. 1739. § 1565. II. p. 362.

[6]) *Monconys*, Journal d. voyages II, 40.

[7]) *Borelli*, de motu animalium. P. II, prop. 175.

[8]) *Poleni*, Miscellanea: I. Dissertat. de barometr. et thermom. Venet. 1709.

[9]) *De la Hire*, Dissert. sur les barom. et les therm. Mém. de l'Acad. 1706. 432—442.

kein Wort von einem Instrumente, während in dem spätern Kommentar zu Avicenna [1]) sieben Instrumente zur Bestimmung der Herzwärme beschrieben und abgebildet werden.

Es mag nun wohl sein, dass dieser Kommentar zu Galen in spätern Editionen vervollständigt und erweitert worden ist; obgleich ich solche Editionen nicht gesehen habe, geht mir dies daraus hervor, dass z. B. Schmid in dem Lehrbuch der Meteorologie [2]) aus einer Ausgabe von 1632 einen dritten Theil anführt, während die älteste und hier allein massgebende Ausgabe nur zwei Theile hat.

Wenn wir uns nun ein Bild machen wollen von den Instrumenten und insbesondere von den Thermometern, deren sich Sanctorius bediente, so finden wir die beste Gelegenheit dazu in den Kommentarien zur ersten Abtheilung des ersten Buches zu Avicenna, welche Schrift wir oben schon angeführt haben.

Sanctorius geht von dem Satze aus, dass man richtige Heilmittel nur dann finden könne, wenn man nicht blos die Art der Krankheit, sondern auch ihre Quantität kenne, d. h. wenn man wisse, um wie viel der Zustand der Erkrankung vom gewöhnlichen und gesunden Zustande abweiche. Seine hierauf bezüglichen Instrumente führt er folgendermassen ein:

Wir haben vier Instrumente ersonnen:

Das erste ist unser Pulsilogium etc.

Die zweite Figur (unsere Fig. IV) ist ein Glasgefäss, mit welchem wir leicht zu jeder Zeit die kalte und warme Temperatur messen und genau erfahren können, um wie viel die Temperatur von ihrem früher gemessenen natürlichen Zustande abweicht. Dieses Gefäss wird von Hero zu anderem Gebrauche vorgeschlagen; wir haben es dazu eingerichtet, sowohl um die warme und kalte Temperatur der Luft und aller Körpertheile, als den Wärmegrad Fieberkranker zu erkennen. Entweder nehmen die Kranken den obern Theil des Gefässes in die Hand, oder sie bringen denselben Theil während einer kurzen Zeit, etwa von zehn Pulsschlägen, in den Mund u. s. w.

Hieraus geht hervor, dass er selbst die Erfindung des Instrumentes nicht beansprucht, nur die für seine Zwecke passende Einrichtung.

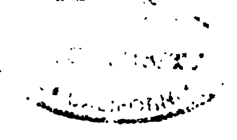
Der Apparat (Fig. IV) besteht aus einer Kugel D, welche mit einer langen dünnen Röhre verbunden ist und einem Gefäss A, in welchem sich Flüssigkeit befindet. Wird durch Erwärmen in der Hand die Luft in der Kugel ausgedehnt, dann die Röhre in das Gefäss A getaucht, so steigt die Flüssigkeit in dieser in die Höhe, wenn sich die Luft wieder abkühlt und zusammenzieht. Jede Erwärmung macht die Flüssigkeit sinken, jede Abkühlung aber steigen.

Dieses Instrument hat Sanctorius zu sehr verschiedenen Zwecken angewandt; als Arzt

---

[1]) 4° Col. 307 sqq.

[2]) Allgem. Encyklop. d. Physik. XXI, 66.



war es ihm zuerst darum zu thun, die normale Temperatur des menschlichen Körpers und dann die Abweichungen von diesem normalen Stande zu bestimmen. Von den verschiedenen Formen[1]), welche er zu diesem Behufe dem Thermometer gibt, haben wir eine in unserer Fig. V abgebildet. In dieser Form will er das Instrument anwenden zur Bestimmung der Herzwärme.

Neben den ärztlichen Fragen scheint er auch physikalische gestellt und nach seinen Kräften gelöst zu haben; so wagt er sich an die Frage, ob das Mondlicht erwärme oder nicht[2]). Sanctorius glaubt, Manche wissen schon, dass der Mond erwärme, aber es sei noch zu untersuchen, in welchem Verhältnisse die Sonnenwärme zur Mondwärme stehe. Er verfuhr dabei wie folgt: Ein grosser Hohlspiegel wurde so gegen den Vollmond gerichtet, dass der Strahlenkegel auf die mit Luft gefüllte Kugel seines Thermometers fiel; er liess diese Strahlen während zehn Pulsschlägen einwirken und die Flüssigkeit sank um zwei Grade. Des andern Tages wurde in gleicher Weise das Sonnenlicht auf die Thermometerkugel nur während zweier Pulsschläge geworfen und in raschestem Lauf sank das Wasser um 110 Grade. Dieselbe Erscheinung will Sanctorius beobachtet haben, indem er statt eines Hohlspiegels eine Glaskugel anwandte[3]). Das Resultat dieser Untersuchung stimmt nicht mit den heutigen Erfahrungen, welche zeigen, dass es ganz anderer und viel empfindlicherer Instrumente bedarf, um die Wärme zu bestimmen, welche der Mond zurückstrahlt. Boyle[4]), welcher zufällig bei einem Buchhändler diese Schrift des Sanctorius fand, machte auch einige Beobachtungen über die Mondwärme und kam zu dem Resultate, dass das Mondlicht keinen Temperaturunterschied hervorbringe. Da er nun glaubt, dass Andere mit grössern Spiegeln in ihren Versuchen glücklicher sein können, so widerspricht er dem Resultate des Sanctorius nur bedingt, und hofft durch neue Versuche die Frage zu entscheiden. Schon Boyle hegt die gewiss nicht ungegründete Vermuthung, dass die Wärme nicht vom Monde, sondern von den umstehenden Personen möchte ausgegangen sein. Sei dem nun wie ihm wolle, so erkennen wir doch aus diesem Versuche, dass Sanctorius nicht blos Temperaturunterschiede hat beobachten wollen, sondern dass er sich bestrebt, dieselben zu vergleichen, zu messen.

Wir werden auf Sanctorius zurückkommen.

Wenden wir uns nun zu Galileo Galilei. Die Beurtheilung der Leistungen dieses grossen Mannes ist dadurch sehr erschwert worden, dass die Schriften des Geächteten nur sehr unvollständig in die Oeffentlichkeit gelangt sind. Diese Schriften sind nicht nur seine eigentlichen wissenschaftlichen Arbeiten, sondern der sehr umfassende Briefwechsel, welchen er mit

---

[1]) *Sanctor.* Comment. in Avic. Col. 307 sqq.

[2]) *Sanctor.* ibid. Col. 107 sqq.

[3]) *Sanctor.* ibid. Col. 486.

[4]) *Boyle*, Exp. touch. Cold. p. 585.

den bedeutendsten Gelehrten seiner Zeit geführt hat. Es ist zwar unrichtig, was bisweilen behauptet wird, dass in seinen Werken nichts von einem Thermometer stehe; wir werden später auf eine ganz bestimmte Angabe, welche sich darauf bezieht, zu reden kommen, allein die wichtigsten Zeugnisse sind erst in neuerer Zeit publiziert worden in der neuen Ausgabe von Florenz (1842—1856), welche auf Veranstaltung des Grossherzogs Leopold von Toskana als bleibendes Denkmal Galilei's veranstaltet worden ist.

Ueber das Schicksal der Galilei'schen Schriften nur wenige Worte [1]:

Vincenzio Viviani, der letzte und einer der bedeutendsten Schüler Galilei's, übernahm nach dessen Tode (9. Jan. 1642), und nachdem schon mehrere Manuskripte durch dessen Grosssohn Cosimo den Flammen übergeben waren, die Pflicht, für die Rettung der Schriften seines väterlichen Lehrers zu sorgen, und nahm sich vor, eine Gesammtausgabe der Werke und eine Lebensbeschreibung Galilei's herauszugeben. Dem Beschützer der florentinischen Accademia del Cimento, dem Prinzen Leopold von Medici, reichte er auf dessen Wunsch hin eine solche Beschreibung schon 1654 ein. Diese enthält besonders über die frühere Zeit Galilei's manche wichtige Angabe; allein das traurige Loos, welches Galilei in Folge seiner Lehren über das Weltsystem erlitten hat, wird darin durchaus nicht in richtiger Färbung geschildert, indem Galilei es selbst verschuldet, auf der andern Seite aber vom Pabste eine väterliche und wohlwollende Behandlung erfahren hat. Man erkennt in der Darstellung die Furcht vor dem starken Arm, welcher trotz dem Schutze Ferdinands sich Galilei fühlbar genug gemacht hat, und welcher sich wohl auch gegen den fühlbar gemacht hätte, der muthig genug gewesen wäre, der Wahrheit die Ehre zu geben. Im Jahre 1656 wurde eine Ausgabe der Werke veranstaltet, indessen enthielt sie der Hauptsache nach nur die zerstreuten Arbeiten. Viviani's Amtsgeschäfte als Baumeister und Mathematiker Ferdinands II, und die grosse Theilnahme, welche er dem Aufbau der Accademia del Cimento zuwandte, verhinderten ihn, eine vollständige Sammlung des vorhandenen Materials zu veröffentlichen. Als aber vollends der aufgeklärte Fürst, selbst ein Schüler Galilei's, (1670) starb, hatte Viviani keine Aussicht mehr, das Werk zu vollenden. Seiner eigenen Sicherheit halber und aus Furcht, sich plötzlich ausgeplündert zu sehen, verbarg er in einer unterirdischen Grube seines Hauses alle Schriften und Korrespondenzen, welche theils von Galilei herrührten, theils sich auf ihn bezogen. Viviani starb 1703, ohne Jemanden mitgetheilt zu haben, welcher Schatz sich in seinem Hause befinde. Schon war das Haus an den zweiten Erben übergegangen, als die Manuskripte 1739 von einem Bedienten entdeckt und theilweise an einen Wursthändler verkauft wurden. Zufällig kam Ritter Johann Baptist Nelli hinter die Sache; was er beim Krämer

---

[1] *Jagemann,* Geschichte des Lebens und der Schriften des *Gal. Galilei.* Leipzig 1787, neue Auflage p. 171 ff. und a. a. O.

noch vorfand, kaufte er zusammen und auch das Uebrige erwarb er sich um einen leidlichen Preis. Einige Bündel kamen in andere Hände und wurden benützt in einer Schrift: *Targioni Tozzetti, Notizie degli Aggrandimenti delle scienze fisiche accaduti in Toscana.* Nelli aber gab auf Grund reichen Materials eine Lebensbeschreibung Galilei's heraus [1]), welche sehr viel Neues und Wichtiges enthielt und auf welche jeder Forscher, der Galilei kennen lernen will, zurückgehen muss.

Aus neuerer Zeit ist die wichtigste Erscheinung die vollständigste Publikation der Galilei'schen Schriften in Florenz (1842—1856). Einige sichere Anhaltspunkte enthält die von Antinori mit einer Geschichte der Accademia del Cimento eingeleitete Ausgabe der Verhandlungen dieser Akademie [2]), welches Werk vom Grossherzog Leopold II von Toscana den im September 1841 versammelten italiänischen Naturforschern als Festgeschenk überreicht worden ist.

Viviani sagt in der Lebensbeschreibung Galilei's [3]): In derselben Zeit, d. h. nach dem Antritt seines Lehramtes in Padua, nach Ende 1592, erfand er die Thermometer, Gläser mit Luft und Wasser, welche dazu dienen, Veränderungen und Unterschiede der Temperatur zu erkennen, welche Erfindung später von dem regierenden Grossherzog Ferdinand II von Toscana vervollkommnet worden ist etc.

Dass sich in jener Zeit Galilei mit Hero beschäftigt hat, geht unter Anderm daraus hervor, dass er in einem Brief an Alvise Mocenigo, datiert vom 11. Januar 1594 aus Padua [4]), ein Problem Hero's, die Konstruktion einer Lampe, erklärt.

Viviani's Zeugniss wird von Martine [5]) ziemlich geringschätzig behandelt; daher hat schon Nelli [6]) betont, dass man sich nach andern Aussagen umsehen müsse, und führt zwei Briefe an, welche als unabweisbare Zeugnisse für Galilei anzusehen sind, und welche wir ebenfalls, so weit sie sich auf das Thermometer beziehen, mittheilen werden.

In Nelli's Sammlung findet sich die Kopie eines Briefes des Pater Castelli an Monsignore Cesarini vom 20. September 1638 [7]), in welchem gesagt wird, dass er vor mehr als 35 Jahren von Galilei folgenden Versuch gesehen habe: Er nahm ein Glasgefäss etwa von der Grösse eines Hühnereies, mit einem ungefähr zwei Spannen langen Rohre von der Weite eines

---

1) *Nelli*, Vita e commercio letterario di Galileo Galilei. Losanna 1793. 2 Vol. 4°.

2) *Saggi di Naturali Esperienze*, fatte nell' Accademia del Cimento; terza editione fiorentina etc. Firenze 1841. 1 Vol. 4°.

3) Opere di *Galileo Galilei*. Firenze 1718. 1 Vol. LVII—CIII (unsere Stelle s. LXVII).

4) Commerc. epist. I, p. 10 u. 11. Im gedruckten Briefe steht es als *Hero's* Nr. 7 statt Nr. 72.

5) *Martine*, Essais sur la constr. et la comp. des therm. 1751, p. 2 Note.

6) *Nelli*, Vita di Gal. Galilei. I, Cap. V, p. 69.

7) *Nelli* Vita l. c.

Strohhalmes, erwärmte die Glaskugel mit den Händen und kehrte das Glas um, so dass die Röhre in ein darunter gestelltes Gefäss tauchte; sobald sich die Luft in der Kugel abkühlte, erhob sich das Wasser um mehr als eine Spanne über das Niveau der Flüssigkeit in dem Gefässe. Galilei hat sich dieser Erscheinung bedient, um ein Instrument zur Untersuchung der Wärme- und Kältegrade zu verfertigen.

Also hat Galilei während seiner Lehrthätigkeit in Padua um 1603 den thermometrischen Grundversuch gezeigt.

Den zweiten von Nelli angeführten Brief werden wir etwas später mittheilen.

Franzesco Sagredo, ein venetianischer Edelmann, der mit Galilei eine lebhafte Korrespondenz führte und Hauptveranlasser war, dass Galilei früher den Lehrstuhl in Padua erhalten hatte, erzählt in einem Schreiben an Galilei Folgendes: [1])

»Sign. Mula war am S. Antoniusfeste in Padua (13. Juni) und berichtete mir, dass er ein Instrument des Sign. Santorio gesehen hätte, mit welchem man die Kälte und Wärme mit dem Zirkel messen könne, und endlich theilte er mir mit, dass es eine grosse Glaskugel mit einem langen Halse sei, worauf ich mich sofort daran setzte, sehr vorzügliche und schöne zu bereiten. Die gewöhnlichen mache ich mit einem Aufwand von vier Lire jedes (*cioè una inghistara, un ampoletta e un sione di vetro*) [2]), und ich kann in einer Stunde wohl zehn herrichten. Das schönste, welches ich gemacht, habe ich nur oberflächlich ausgeführt, es ist von Grösse und Form wie das beiliegende in allen seinen Theilen. Ich hoffe zu erfahren, dass es grosse Wunder vollbracht habe.«

Man könnte wohl versucht sein, diese Aussage für Sanctorius in Anspruch zu nehmen, und wenn uns die folgenden Briefe Sagredo's, wie die Antworten Galilei's fehlten, so geschähe es mit grosser Berechtigung.

In den folgenden Briefen vom 16. December 1612, 4. Januar 1613, 24. April 1613 [3]) geschieht keine Erwähnung des Instrumentes, hingegen um so deutlicher in einem Briefe vom 9. Mai 1613 [4]), im welchem sich Sagredo folgendermassen ausspricht:

»Das Instrument zur Messung der Wärme, welches von Ihnen erfunden worden ist, habe ich in mehrere bequeme und ausgesuchte Formen gebracht, so dass man die Temperaturunterschiede von einem Raume zum andern bis auf 100 Grade erkennen kann. Man kann damit mehrere bemerkenswerthe Dinge beobachten; zum Beispiel, dass im Winter

---

[1]) Commercio epist. III, p. 218. Brief *Sagredo's* an Galilei vom 30. Juni 1612.

[2]) *inghistara* und *sione di vetro* weiss ich nicht zu deuten.

[3]) Commerc. epist. III, p. 246, 252, 263.

[4]) Commerc. epist. III, p. 269; unsere Stelle 270. Es ist der Brief, welchen *Nelli* mittheilt in Vita di Gal. Galilei I, Cap. V, p. 71. Nach *Tiraboschi* Stor. della letter. ital. VIII, 173 ist dieser Brief zuerst publiziert in *Griselini* Mem. di F. Paolo p. 212.

die Luft kälter ist als das Eis und der Schnee; dass dann das Wasser kälter scheint als die Luft, dass wenig Wasser kälter ist als vieles, und andere schöne Erscheinungen, welche unsere Peripatetiker in keiner Weise erklären können, da einige, darunter unser Gageo, so weit abwegs sind, dass sie noch nicht einmal den Grund des ersten Vorganges begreifen, indem sie glauben, sie müssten den entgegengesetzten Effekt sehen; denn da die Hitze, wie sie sagen, eine anziehende Kraft ausübt, so müsste das Gefäss beim Erwärmen das Wasser anziehen; und solche Menschen beanspruchen die ersten Lehrstühle Paduas.«

Aus diesem Schreiben geht wohl unzweifelhaft hervor, dass Galilei in seiner Antwort an Sagredo die Erfindung für sich in Anspruch genommen hat, wenn es auch nicht ausdrücklich gesagt ist. Wir werden es später noch bestimmter erfahren.

Sagredo berichtet in einem folgenden Schreiben sehr beachtenswerthe Thatsachen an Galilei; er schreibt am 7. Februar 1615 [1]:

»Der Gebrauch des Instrumentes zum Messen von Wärme und Kälte ist durch mich vervielfältigt und verbessert worden und, so viel mir scheint, bis zu einem solchen Punkte, dass viel zu beobachten wäre; aber, wie ich oben gesagt habe, ohne Ihre Unterstützung hätte ich nur schlecht dem Bedürfniss und mir genügen können. Mit diesen Instrumenten habe ich klar gesehen, dass das Wasser unserer Brunnen im Winter kälter ist als im Sommer, und ich meinestheils glaube, dass dies bei den Quellen und unterirdischen Räumen auch stattfindet, obgleich unser Gefühl anders urtheilt.

»Diesen Brief habe ich am Ende der letzten Woche geschrieben; aber weil die Komödie mich hinderte, ihn zu schliessen und zu versenden, so habe ich ihn bis heute zurückbehalten und ich muss Ihnen sagen, dass während zweier Schneetage hier in einem Zimmer mein Instrument 130 Grad Wärme mehr zeigte als jenes, welches schon vor zwei Jahren zur Zeit strengster Kälte dagewesen war. Dieses Instrument eingetaucht und begraben im Schnee hat 30 Grad weniger gezeigt, also blos 100; aber darauf eingetaucht in Schnee und Salz, zeigte es weitere 100 Grad weniger, und ich glaube, dass es in Wirklichkeit noch weniger gezeigt hat, aber man konnte es wegen des Schnee's und Salzes nicht deutlich sehen; wenn es daher bei der höchsten Sommerhitze auf 360 Grad steht, so erkennt man, dass Schnee und Salz die Kälte um den dritten Theil des Unterschiedes zwischen der grössten Sommerhitze und der strengsten Winterkälte vermehrt [2]), eine so merkwürdige Thatsache, dass ich keinen denkbaren Grund dafür weiss. Ich höre gerne von Ihnen Ihre Meinung, und vernehme gerne das, was Sie bei der Anwendung der Kälte, hervorgebracht durch Salpeter, gesehen haben; denn obgleich ich eine Menge Zeug darüber gehört habe, habe ich doch in der That nichts gesehen.

---

[1]) Commerc. epist. III, p. 344—346; unsere Stelle p. 345—346.

[2]) Nicht übel! Nähme man für Venedig als grösste Sommerhitze + 30° R., als strengste Winterkälte —6° an, so erhält man durch Schnee und Kochsalz eine Temperaturerniedrigung von 12°.

»Die Instrumente express zu Ihnen zu schicken, scheint mir schwierig; es möchte leichter sein, sie dort zu verfertigen.«

Am 15. März 1615 schreibt Sagredo an Galilei[1]: »An dem Instrumente zur Temperaturbestimmung habe ich täglich hinzugefügt und verändert; könnte ich mündlich und persönlich mit Ihnen verkehren, so könnte ich Ihnen, ab ovo beginnend, leicht die ganze Geschichte meiner Erfindungen, oder um es besser zu sagen, Verbesserungen erzählen. Aber da, wie Sie mir schreiben, und ich auch zuversichtlich glaube, Sie der erste Verfertiger und Erfinder gewesen sind, so glaube ich, dass die Instrumente, welche von Ihnen und Ihren vortrefflichen Künstlern gemacht worden sind, weit die meinen übertreffen; daher bitte ich Sie, mir mit der ersten Gelegenheit zu schreiben, in welcher Weise Sie dasselbe haben ausführen lassen; ich werde Ihnen dann das Mehr oder Weniger berichten, das von hier aus bis jetzt geschehen ist. Und wenn wir in jedem unserer Briefe etwas Derartiges behandeln, so will ich je eine meiner unvollkommenen Untersuchungen berichten, welche sicherlich durch Ihr vollkommenes Urtheil und Ihre Einsicht ohne Mühe und mit Geschmack vervollkommnet wird. Der, welcher sich zum Erfinder dieser Instrumente macht, ist wenig geeignet, um nicht zu sagen ungeeignet, mich nach Bedarf und Wunsch zu unterrichten, da ich mich vergeblich abgemüht habe, ihm die Wirkungen bei einigen meiner zusammengesetzten und vervielfältigten Instrumente zu erklären.«

In einem fernern Schreiben vom 11. April 1615[2]) bedauert Sagredo, dass der letzt empfangene Brief Galilei's nicht von dessen eigener Hand geschrieben sei und fragt, ob er vielleicht krank sei[3]).

»Was die Instrumente von Glas zur Temperaturbestimmung anbelangt, so waren die ersten, welche ich gemacht habe, von der Art, wie Sie die Ihrigen haben machen lassen, aber dann habe ich die Erfindung nach verschiedenen Weisen vervielfältigt, welche ich nicht alle in diesem Briefe schreiben kann u. s. w.

»Ich habe Ihre Ansicht über die Wirkungsweise dieser Instrumente verstanden und sie erscheint mir sehr gut und geistreich, und ich würde mich erkühnen, auch zu sagen wahr, nur dass diese nicht durch sich selbst dem Sinne offenbar ist; ich glaube auch nicht, dass sie durch die diesem Sinne wahrnehmbaren Dinge vollkommen klar gemacht werden könne. Aber sie befriedigt die Vernunft viel besser als die Reden der Peripatetiker; wenn man mit der äussern Wärme die Luft, die man in der Glaskugel erwärmt findet, deutlich ausdehnt, so dass sie das Wasser hinausdrückt, so ist anzunehmen, dass die Wärme in das Glas hineindringt und dass

---

[1]) Comm. epist. III, 361—364; unsere Stelle 363.

[2]) Ibid., 370—374; unsere Stelle 371—374.

[3]) In der That erfahren wir aus einem Schreiben *Galilei's* vom 10. März 1615 an *Bali Cioli* in Florenz, dass er damals ausser anderm Unwohlsein von einem heftigen Katarrh befallen war, welcher ihn zwang, Zimmer und Bett zu hüten. Comm. epist. I, p. 211.

sie dort in grösserer oder geringerer Menge hineingedrungen, mehr oder weniger Platz einnimmt; da dieselbe nicht zugleich die Luft und den feinen feurigen Spiritus aufnehmen kann, so ist die Luft gezwungen, Platz zu machen. Sowie man die Umgebung abkühlt, ist anzunehmen, dass der feurige Spiritus, welcher in der Kugel im Ueberfluss vorhanden ist, herausgeht, bis er sich mit der Umgebung ins Gleichgewicht gesetzt hat; daher wird der eingenommene Platz leer, die Luft muss folgen und ihr nach das Wasser oder der Wein; aber es ist dabei klar, dass man das Vacuum zugeben muss, welches ich auf folgende Weise dargethan habe:

»Im Ofen von Murano liess ich ein Glasgefäss mit einem spannenlangen Halse machen, und als es sehr heiss war, liess ich es schliessen, so dass alle mit Wärme erfüllte Luft, welche darin eingeschlossen war, nicht heraus konnte, wenn sie nachher erkältet wurde. Und als nun der feurige Spiritus herausgegangen und in der innern Luft die Temperatur der Umgebung zurückgeblieben war, überzeugte ich die, welche anwesend waren, dass darin nur sehr wenig Luft sein könne, sowie auch dem Gefühl offenbar war, dass darin kein feuriger Spiritus mehr enthalten sei. Ich habe es auf zwei Arten bewiesen:

»Erstens: In das Gefäss wurde ein kleines Glöckchen eingeschlossen, welches in Bewegung gesetzt, keinen Ton hervorbrachte, ausser wenn es an das Glas schlug, wodurch ein äusserer Ton hervorgebracht wurde; ohne Zweifel rührt dieses vom Mangel an Luft in diesem Gefässe her; denn wird das Gefäss zerbrochen, so hat das Glöckchen den gewöhnlichen Ton [1]).

»Zweitens: Nachdem ich ein solches Gefäss mit dem Hals in ein Wasserbecken getaucht hatte, öffnete ich dessen Mund sorgfältig mit einem Eisen. Da trat so viel Wasser ein, dass das Gefäss schien sich ganz füllen zu wollen, obwohl die Ungeduld, welche Ursache war, dass es ganz zerbrach, nicht erlaubte, es ganz gefüllt zu sehen.

»Obschon ich in Betreff der Ungleichheit im Steigen des Wassers oder Weines einen dem Ihrigen ganz ähnlichen Versuch gemacht habe über die Anwendung einer weitern Röhre, jedoch ohne Wein, reguliert nach einem andern entsprechenden Masse, wandte ich doch eine andere Art an, welche darin bestand, in dem Rohre eine bestimmte Menge von Flüssigkeit anziehen zu lassen; als ich dann das Gefäss weggenommen hatte, liess ich jene Flüssigkeit auf- und absteigen, eine Art, welche von mir nach kurzer Zeit aufgegeben wurde, wie auch eine andere, welche darin bestand, das Ende des Rohres bei der Kugel und das andere unter rechtem Winkel zu biegen, so dass, wenn das Gefäss gestellt wurde, die Röhre im Niveau blieb.

»Aber da diese beiden Kautelen noch nicht an den Instrumenten, welche eine sehr weite

---

[1]) Es ist mir unbegreiflich, wie *Nelli* (Vita di *Gal. Galilei* I, Cap. V, 90 Note) diesen Versuch so sehr missdeuten kann, dass er glaubt, *Sagredo* habe in einem Thermometer ein Glöckchen angebracht, habe also schon ein gegen den Luftdruck geschütztes, hermetisch verschlossenes Thermometer hergestellt. Aber eben so unbegreiflich ist es, dass er die viel wichtigere Angabe des Briefes, die Erfindung *Galilei's* betreffend, ganz übersieht oder übergeht. so wie auch die erstmalige Erwähnung von Wein.

Röhre haben, können angewandt werden, diese aber jedenfalls die vollkommensten sind, so habe ich dieselben aufgegeben als unvollkommene Feinheiten, und um so mehr, da ich nach dem von mir angestellten Versuche, wie ich vielleicht ein anderes Mal deutlicher schreiben will, nicht finde, dass der Unterschied sehr gross sei; desshalb, obgleich ich im Sinne hatte, die andere Kautel, welche Sie mir geschrieben haben, anzuwenden, nämlich die höhern Grade kleiner werden zu lassen, habe ich mich an das Unternehmen gemacht, weil ich wirklich die Regel nicht theoretisch ableiten konnte; daher bitte ich Sie, mir darüber etwas Licht zu verschaffen.

»Die besten und vollkommensten Instrumente, welche ich gemacht habe, haben eine fingersweite Röhre, ich meine nämlich in der Lichtweite; an dem Ende liess ich im Ofen von Murano ein Gefäss anblasen, welches etwa drei bis vier Trinkgläser fasst und wandte das Instrument nach der Art an, wie Sie mir schrieben. Nach dieser Art habe ich drei von verschiedener Grösse gefunden, welche seit drei Jahren unter sich in solchem Verhältnisse gehen, dass es ein Wunder ist. Diese sind von mir beobachtet worden, ungefähr ein Jahr lang, bis achtmal des Tages, mit solcher Uebereinstimmung, dass ich, als ich nach den genannten Beobachtungen einen Tarif der Uebereinstimmung und Gleichheit unter ihnen ausgezogen hatte, gesehen habe, dass sie durchaus nach demselben Verhältnisse mit einander gehen, sowohl in der grössten Hitze, als in der grössten Kälte; wenn ich eines der Instrumente mit dem Tarif beobachtete, konnte ich die Grade der beiden andern errathen, bisweilen mit einer Abweichung von zwei bis drei Graden, etwas mehr oder weniger, was auch denen passiert, welche von Florenz nach St. Jago in Galizien pilgern, die bisweilen zu Pferd, aus Laune oder genöthigt, den Kameraden voreilen, oder zwei Büchsenschüsse zurückbleiben und doch jeden Abend sich im Wirthshause an demselben Tische finden. So diese Instrumente; je nachdem sie den geringsten Zufällen mehr oder weniger ausgesetzt sind, verändern sie sich mehr oder weniger, entweder wegen der Nähe der Thüre oder der Personen oder der Lichter; zudem, wenn die einen aus dickerem, die andern aus dünnerem Glase sind, ist anzunehmen, dass sich nicht alle zu derselben Zeit verändern. Daher, wenn irgend eine Veränderung in der Luft geschieht, so empfindet und zeigt sie das dünnste zuerst an; und in den Instrumenten mit ganz dünner Röhre, wie die Ihrigen, glauben Sie es, macht auch die Zähigkeit des Wassers oder Weines einen Unterschied; daher habe ich mich an Instrumente von solcher Grösse gehalten, dass, wenn das Gefäss weggenommen wird, die Röhre sich leert.

»Der Herr Gageo ist in meinem Zimmer und stört mich, und ich will ihn nicht sehen lassen, was ich schreibe; mein Brief wird daher verwirrt herauskommen, da mein Geist nach verschiedenen Seiten beschäftigt ist.« —

Nach diesen Briefen Sagredo's bleibt nur der Wunsch, die betreffenden Galilei'schen

Briefe auch zu kennen; aber es ist leider keiner der auf unsern Gegenstand sich beziehenden vorhanden.

In der Ausgabe der Galilei'schen Werke, welche im Jahre 1744 in Padua erschienen ist, befindet sich ein Fragment [1]), welches mit der Korrespondenz Sagredo's zusammenzuhängen scheint. Man möchte dasselbe zwischen die Briefe vom 15. März und 11. April 1615 einschalten, namentlich deshalb, weil darin Galilei nach den philosophischen Schulprinzipien den Hergang im Thermometer zu erklären versucht, und weil von dort an Sagredo als angewandte Flüssigkeit neben Wasser auch Wein nennt, was in früheren Briefen nicht geschieht. Da, wie wir oben gesehen haben, Galilei um jene Zeit Zimmer und Bett hüten musste, so möchte er einen Hauptheil seines Briefes aufgesetzt und zum kopieren gegeben haben; dieses Konzept — wenn es als solches darf angesehen werden — ist uns erhalten, und wir wollen die für uns wichtigsten Stellen daraus mittheilen:

»Nach den Schulen der Philosophen ist es als wahres Prinzip erwiesen, dass es die Eigenschaft der Kälte ist zusammenzuziehen, und der Wärme auszudehnen. Dieses vorausgesetzt, nehme man an, dass die im Instrumente enthaltene Luft von derselben Temperatur sei wie die andere Luft im Zimmer, in welchem es aufgestellt wird, und da diese beiden Körper gleiches spezifisches Gewicht haben, so folgt, dass keiner den andern vertreibt, wie denn einer, der doch nichts ausrichtet, besser zu Hause bleibt. Aber wenn sich die Luft um die Kugel herum dadurch abkühlt, dass man einen kältern Körper hineinbringt, so werden die Wärmetheilchen, welche sich in der eingeschlossenen Luft befinden, in die Höhe steigen, weil ein Mittel da ist, das weniger leicht als sie ist, und diese Luft wird kälter werden als früher und wird sich so, nach dem vorgenannten Prinzipe zusammenziehen und weniger Raum einnehmen, *ne detur vacuum*, wesshalb der Wein in die Höhe steigen wird, um den von der Luft [2]) leergelassenen Raum einzunehmen. Und dann, wenn diese Luft erwärmt ist und sich verdünnt und einen grösseren Raum einnimmt, so wird sie den Wein vertreiben und herabdrücken, der nun, da er fester ist, ihr leicht jenen Platz überlassen wird, woraus folgt, dass die Kälte nichts anders als Mangel an Wärme ist.

»Die kalte Luft des Nordwindes ist kälter als Eis und Schnee. Wenn man zur Bestätigung bei solchem Wetter dem Instrumente Schnee oder Eis anlegt, so wird der Wein merklich fallen. Ebenso wird ein mit Wasser gefülltes Gefäss, in Wasser gestellt, nicht gefrieren, an die Luft gestellt dagegen gefrieren. Ueberdies müssten die Flüsse am Boden gefrieren, wo sie weiter von der Wärme der Luft entfernt sind, und nicht an der Oberfläche, wo sie der Luft am nächsten sind, aber es erfolgt das Gegentheil.« —

[1]) III. Band. Pensieri varj. 444—445.

[2]) Zwar steht im Original: *il luogo lasciata vuoto dall' acqua*, allein die Stelle hat keinen Sinn, wenn nicht statt *acqua aria* gesetzt wird.

Die Korrespondenz, welche wir hier ausführlich mitgetheilt haben, lässt wohl deutlich erkennen, dass Galilei nicht blos sich für den Erfinder des Instrumentes gehalten, sondern dass er auch an der Vervollkommnung desselben gearbeitet hat. Besonders wichtig wäre allerdings die Antwort Galilei's auf den ersten Brief Sagredo's, in welchem Letzterer überzeugt wird, dass nicht Sanctorius, sondern Galilei der Erfinder sei. Sagredo war nämlich mit Sanctorius auch befreundet, und um so wichtiger erscheint daher die Ueberzeugung, welche Sagredo aus Galilei's Korrespondenz geschöpft hat [1]). Für Sanctorius bleibt das eine Verdienst unangetastet, dass er durch seinen Unterricht zur Verbreitung des Instrumentes beigetragen, wie denn auch Sagredo seine erste Kunde von diesem Arzte her erlangt hat; man darf sogar vielleicht annehmen, dass ohne Sanctorius die Beobachtung Galilei's in Vergessenheit gerathen wäre. Denn Galilei selbst hat sie in seinen Schriften nicht verwerthet, sei es, dass er durch die grossartigen Entdeckungen auf dem Gebiete der Himmelskunde zu sehr beschäftigt gewesen ist, sei es, dass er die Unvollkommenheiten seines Instrumentes erkannt hat. Man muss wohl das erstere annehmen; denn in jene Zeit fiel die Erfindung des Fernrohres, für welche Galilei nur ein sekundäres Anrecht in Anspruch nimmt, indem er von einer solchen Erfindung in Holland gehört hatte und erst daraufhin das Instrument nacherfand; aber mit welchem Erfolge! er beobachtete die Trabanten des Jupiters (Medicea sidera), die abweichende Gestalt des Saturns, welchen er indessen nie mit dem freien Ringe gesehen hat, die Phasen der Venus, die Sonnenflecken, die Mondberge, die Sterne der Milchstrasse u. s. w., Beobachtungen, welche sicherlich nach der Vervollkommnung des Fernrohrs von irgend Jemand gemacht werden wären, welche ihn aber mit der ganzen gelehrten Welt in Briefwechsel brachten und seine Zeit in einem Grade in Anspruch nahmen, dass er sich nicht mehr mit dem einfachen thermometrischen Grundversuche beschäftigte. Erst die Anregung, welche von Sagredo ausgieng, scheint ihn veranlasst zu haben, den Gegenstand wieder an die Hand zu nehmen. Allein in der weitern Korrespondenz findet derselbe keine Berücksichtigung, und in späteren Jahren scheint Galilei sich kaum mehr damit befasst zu haben.

Haben wir nun durch die erst in neuerer Zeit im Zusammenhange publizierte Korrespondenz die Ueberzeugung gewonnen, dass die Erfindung Galilei gehört, so bleiben doch einige Punkte zu besprechen, welche zu verschiedenen Zeiten gegen den Anspruch Galilei's geltend gemacht worden sind.

In den Verhandlungen der Accademia del Cimento [2]) ist der erste Abschnitt der

---

[1]) Commerc. epist. III, 347—348. Brief des *Santorre Santorio* an *Galilei*, 9. Febr. 1615.

[2]) Saggi di natur. Esper. fatte nell' Accad. del Cim. 1841. 4⁰. 11—17, — oder *Tentamina* experimentorum naturalium captorum in Academia del Cimento sub Auspiciis Serenissimi Leopoldi Magni Etruriæ Ducis et ab ejus Academiæ secretario conscriptorum: Ex Italico in Latinum Sermonem conversa, a *Petr. van Musschenbroek.* 1731. 4⁰. 1—7.

Beschreibung einiger Instrumente gewidmet, welche dazu dienen, die in der Luft durch Wärme und Kälte hervorgebrachten Veränderungen kennen zu lernen; mit andern Worten, es werden einige Thermometer beschrieben und abgebildet, deren Bedeutung und Konstruktion später entwickelt werden soll. Die Akademiker nennen den Namen Galilei's in dem ganzen Abschnitte nicht. In der That waren auch die Thermometer, deren Konstruktion sie bekannt machten, von ganz anderer Art und man hatte in Florenz die Untauglichkeit der Galileischen Instrumente längst kennen gelernt; da nun die Akademiker keine Geschichte des Instrumentes mittheilen, ja nicht einmal das Nächste angeben, wer nämlich zuerst ein Thermometer hergestellt habe, in welchem die Ausdehnung einer andern Substanz als der Luft beobachtet wurde, so kann auch aus dem Schweigen dieser Schrift kein Beweis hergeleitet werden.

Von den Schülern Galilei's nehmen zwei die Erfindung für ihren Meister in Anspruch, nämlich Viviani in seiner Lebensbeschreibung, und Castelli im oben angeführten Briefe; einer aber, Borelli [1]), nennt als Erfinder Sanctorius. Bei dem nichts weniger als kollegialen Verhältnisse, in welchem dieser Akademiker mit Viviani stand, kann man sich keinen Augenblick wundern, wenn Borelli darum einen andern Erfinder nennt, weil Viviani in der dem Borelli bekannten Lebensbeschreibung den Galilei genannt hat. Wie gross der Hader zwischen diesen beiden bedeutenden Mitgliedern der Accademia del Cimento muss gewesen sein, mag daraus entnommen werden, dass das Schicksal der Akademie selbst wahrscheinlich nicht davon unberührt geblieben ist.

Man hat von jeher das zeitliche Zusammentreffen zweier Thatsachen, nämlich die Erhebung des Prinzen Leopold, des Bruders Ferdinands II zur Kardinalswürde und das Aufhören der Accademia del Cimento, deren Gründer, Förderer und Beschützer er gewesen, in einen innigen Zusammenhang gebracht, und es ist eine ziemlich allgemeine Annahme, dass der Kardinalshut des Medicäers nur mit dem Aufopfern der Akademie erworben sei, dass hingegen die Differenzen zwischen den Akademikern nur von sekundärem Einfluss gewesen seien [2]). Es ist nicht unwichtig, die Gründe anzuhören, mit welchen Riguccio Galluzzi [3]) diese Annahme widerlegt.

Nach dem im Jahr 1667 erfolgten Tode des Pabstes Alexander VII wurde Kardinal Rospigliosi von Pistoja unter dem Namen Clemens IX auf den päbstlichen Stuhl erhoben zur grössten Freude des Grossherzogs von Toskana, Ferdinands II; er versäumte nicht, laut und öffentlich seine Befriedigung über diese Wahl auszusprechen. Einige Zeit vorher (Juni 1666)

---

1) *Borelli* de motu animal. P. II. prop. 175.

2) *Antinori* protestiert gegen diese Annahme in Saggi d. nat. esp. 1841. Einleitung p. 107.

3) *Riguccio Galluzzi*, Istoria del Granducato di Toscana della casa Medici. Ed. II. 1781. Livorno. Tomo sesto. Lib. VII. Cap. IX, p. 335—339.

war Kardinal Carl von Medici gestorben. Der neugewählte Pabst kündigte, ohne darum begrüsst zu sein, dem Gesandten von Toskana seine Absicht an, den Kardinalshut einem Bruder Ferdinands anzubieten; um aber bei der Wahl in keine Kollision zu gerathen, ersuchte er den Grossherzog selbst, denjenigen zu bezeichnen, durch dessen Wahl seinem Hause der grösste Dienst erwiesen würde. Eine Krankheit, welche den Prinzen Mattias während seines Aufenthaltes in Siena befallen, verzögerte den Entscheid, der erst nach dessen Tode (October 1667) erfolgte und zwar zu Gunsten des Prinzen Leopold, welcher am zwölften December zum Kardinal ernannt wurde.

Wenn nun unter den Gelehrten die Wahl Leopolds mit der Absicht Clemens IX verbunden wird, die Akademie in Florenz aufzuheben, so wissen die, welche mit der Geschichte des Hauses Medici vertraut sind, dass es ihre Politik war, immerfort ein Mitglied im heiligen Kollegium zu haben. Schon Ende März, also neun Monate vor Leopolds Ernennung, hörten die Versammlungen der Akademie auf, weil eine Anzahl von Akademikern fehlte. Der Neid und der Unfrieden im Schosse der Akademie, die Zwistigkeiten zwischen Viviani und Borelli, an welchen sich der Grossherzog und Leopold betheiligten, brachten eine Spaltung hervor und entfremdeten die Mitglieder ernsterer Arbeit, und bald zogen sich Borelli, Oliva und Rinaldini aus Toskana zurück. Die reichen Geschenke, welche von Seiten Ludwig XIV an Viviani und Carlo Dati gelangten, begleitet mit den verbindlichsten Ausdrücken Colberts, erweckten die Missgunst unter den andern Akademikern, denen die Eigenliebe nicht gestattete, sich als geringer anzusehen. Dazu kamen die Krankheit Viviani's, die längere Abwesenheit Segni's und Magalotti's, die vermehrten Geschäfte Leopolds, der für den verstorbenen Kardinal Karl und für den kränkelnden Grossherzog die Staatsgeschäfte zu leiten hatte. Aber auch nachdem Leopold mit der Kardinalswürde bekleidet war, führte er seine literarische Korrespondenz fort und war der erklärte Beschützer ausgezeichneter Talente, während Clemens in den wichtigsten Pontifikatsgeschäften seinen Rathschlägen folgte. Namentlich machte auch das Ansehen des neuen Kardinals in Rom den Verfolgungen der Anhänger Galilei's ein Ende und wer sonst noch verfolgt war, fand an ihm einen kräftigen Schutz. So wurde durch ihn der Jesuite Honoratus Fabri, der sich durch seine physikalischen Studien seine Genossenschaft verfeindet hatte, im Jahr 1671 aus den Händen der Inquisition gerettet.

Wenn man nun Grund hat anzunehmen, dass die Kardinalswürde Leopolds unabhängig von der Aufhebung der Accademia del Cimento ist, dass diese vielmehr von ihrem Innern heraus der Zersetzung anheimgefallen ist, wenn eine besondere Schuld daran die Zwistigkeiten zwischen Viviani und Borelli tragen, so kann man sich wohl denken, dass ein Zeugniss Borelli's (Rom 1680), welcher die Anhänglichkeit Viviani's an Galilei wohl kannte, nicht vollkommen lauter ist. Boccone aber, welchen wir oben auch für Sanctorius angeführt haben, ist von

Borelli sichtlich abhängig, und die andern Zeugnisse sind alle später und haben keinen besondern Werth mehr.

Viel wichtiger ist der Umstand, dass Sanctorius Galilei nicht nennt, ohne doch eigentlich die Erfindung für sich in Anspruch zu nehmen. Galilei war Professor in Padua vom Jahr 1592—1609; im Jahre 1610 wurde er erster Mathematiker und Philosoph des Grossherzogs Cosimo II, dann Ferdinands II von Toskana. Sanctorius betrat den Lehrstuhl der theoretischen Medizin in Padua im Jahre 1611. Ob er von Galilei's Erfindung gehört, ob er seinen Versuch gesehen, wird kaum zu ermitteln sein. Allein aus dem Schweigen des Sanctorius darf noch nicht auf das Gegentheil geschlossen werden, denn bei einem andern in derselben Reihenfolge aufgezählten Instrumente, welches ohne allen Zweifel vor ihm auch von Galilei erfunden worden, gibt er diesen auch nicht als Erfinder an. Sanctorius wendet nämlich die Länge des Pendels an zur Ermittlung der Dauer eines Pulsschlages. Das Pendelgesetz und namentlich die gleiche Schwingungsdauer bei gleicher Länge war aber im Anfang des 17. Jahrhunderts ganz neu und wurde aufgefunden von Galilei. Man gibt an, dass er den Anstoss dazu erhalten habe durch Beobachtung der Lampenschwingungen im Dome zu Pisa (1583) [1]. Der Pendelversuch gehört aber auch zu denen, welche Galilei mehr durch mündliche Mittheilung als durch Beschreibung bekannt machte. Indessen hat er darüber auch korrespondiert [2]. Wenn nun Sanctorius bei der Pendelanwendung Galilei's Namen nicht nennt, so kann es uns auch nicht wundern, dass er über den Galileischen Ausdehnungsversuch schweigt, obgleich er die Grundlage für alle zunächst folgenden Thermometer bildete. Den Gründen dieses Schweigens nachzuforschen, dürfte fruchtlos sein.

Sanctorius hat Hero's Schrift gekannt. Er beschreibt z. B. den Heronsball auf das Genaueste [3] und wüsste man nicht ganz sicher, dass das Instrument von Hero stammt, durch Sanctorius würde man es nicht erfahren, sondern man würde vielleicht die Priorität dieses sicherlich schönen Instrumentes ihm ebenfalls zuschreiben. Immerhin bleibt Sanctorius bei der Wahrheit, wenn er sich selbst die erste Erfindung nicht zuschreibt. Man könnte versucht sein zu glauben, dass zwischen Galilei und Sanctorius kein freundschaftliches Verhältniss stattgefunden habe; indessen weist die Korrespondenz, welche wir schon oben angeführt haben, einen Brief des Sanctorius an Galilei auf, mit welchem jener die Aphorismen über Medicina statica pem Galilei übersendet, und in welchem er Galilei mit allem möglichen Respekte entgegenkommt.

---

[1]) *Vinc. Viviani,* Vita di Gal. Galilei in Opere di Gal. Firenze 1718. I, p. L und LI, glaubt, dass *Galilei* das Pendel zum Pulszählen angewandt habe. Siehe auch Opere di Gal. Galilei. Fir. 1842—1856. XIV, p. 342. Er macht die nicht unwahrscheinliche Angabe, dass *Galilei* den Isochronismus der Pendelschwingungen durch Betasten seines Pulses konstatiert habe, so wie durch den Takt der Musik.

[2]) *Galilei* Opere. 1718. II, 716—719.

[3]) *Sanctorius,* Method. vitand. errorum etc. Genev. 1630. Lib. XIV. Cap. V, p. 545.

Es hat sich somit ergeben, dass auf die Erfindung des Thermometers einzig und allein Galilei Anspruch hat.

Bisweilen werden noch andere Namen genannt, deren Ansprüche aber gehörig widerlegt. sind; in früher Zeit nur Einer, ob aus Unkenntniss, oder um Galilei wenigstens eines Verdienstes zu berauben, bleibe dahingestellt. Der Jesuite Franciscus de Lanis nennt nämlich in seinem Werk: *Prodromo all' Arte mæstra*, *Brescia 1670* [1]), als Erfinder den Engländer Robert Flud; allein schon in der lateinischen Ausgabe: *Magisterium naturæ et artis*, *Brixiæ 1686* [2]), ist nur noch von der ersten Beschreibung die Rede. Wenn Flud selbst die Ehre der Erfindung ablehnt und behauptet, das Instrument in einem 500 [3]), ja in einem 700 [4]) Jahre alten Manuskript abgebildet gefunden zu haben, wenn er ausdrücklich versichert, dass die Ehre keinem von denen gebühre, welche sie für sich in Anspruch nehmen [5]), so geschieht wenigstens ihm kein Unrecht, wenn er nicht als der Erfinder genannt wird. Wenn er ferner behauptet, sich des Instrumentes schon lange bedient zu haben, so ist in der That richtig, dass er schon im Jahr 1617 Experimente beschreibt, welche auf der Luftausdehnung durch die Wärme beruhen, Experimente, welche der Hauptsache nach von Hero entlehnt sind [6]). Seine Zeichnung des *Speculum calendarium* (unsere Fig. VI) gibt einigermassen eine Brücke vom Drebbelschen Versuche zum Thermometer. Flud hat die Kenntniss der Fundamentalerscheinung wahrscheinlich auf seiner Reise in Italien im Anfang des 17. Jahrhunderts erworben.

Ein Hauptmangel des ersten Thermometers, welches also auf der Ausdehnung der Luft beruht, besteht in seiner Abhängigkeit vom Luftdrucke, welcher Mangel zu einer Zeit, als man vom Luftdrucke noch keine oder doch nur unklare Vorstellungen hatte [7]), nicht konnte eingesehen werden. Man wundert sich daher, bei Libri [8]) lesen zu müssen, dass schon im Jahre 1610 ein Kommentator Hero's das Instrument vom Luftdruck unabhängig dargestellt habe. Er gibt darüber Folgendes an: Der römische Ingenieur Telioux beschrieb ein solches Thermometer in einem Manuskripte: *Matematica meravigliosa*, Rom 1611 (Bibliothek des

---

[1]) Pag. 62. Il primo inventore del Termoscopio, per mezzo di cui si possa conoscere, quando l'aria sia più e meno calda o fredda fu Roberto Fluddo etc.

[2]) Tom. II, 380. Hujus instrumenti primam descriptionem invenimus apud Robertum Fluddum etc.

[3]) *Flud*, Phil. mosaïc. p. 1.

[4]) Nach *Georg. Paschius*, De novis inventis Ed. II. Lips. 1700. 4°. p. 624; die angeführte Stelle finde ich bei *Flud* nicht.

[5]) Siehe hierüber *C. Aug. de Bergen* Commentatio de thermometris 6, Note.

[6]) *Flud*, Utriusque Cosm. hist. I, p. 30—33, 189 sq., 487 sq.

[7]) Wir ersehen aus dem oben mitgetheilten Fragmente *Galilei's*, dass dieser deutlich die Schwere der Luft erkannt hat; wir erfahren aber aus einer andern Notiz (Pensieri varj. Gal. oper. Padua 1744, p. 447) auch, dass er das Gewicht der Luft zu messen gelehrt hat.

[8]) *Libri* Hist. des sc. math. III, 196 Note, und 471 Note XVI.

Arsenals Mss. ital. Nr. 20, pag. 44). Libri gibt auch [1]) eine Zeichnung, welche wohl nicht von Telioux selbst stammt, da sie mit der Beschreibung nicht stimmt; eine genauere Betrachtung des Instrumentes lässt seine Unvollkommenheit in Betreff des Luftdruckes deutlich erkennen; Libri's Zeichnung ist unrichtig.

In allen bisher genannten Instrumenten treten bei gleicher Temperatur und veränderlichem Luftdrucke dieselben Erscheinungen auf, wie bei gleichem Luftdrucke und veränderlicher Temperatur.

Ist das Volumen der eingeschlossenen Luft 1 bei einem Barometerstande von 760 Millimetern, so ist das Volumen der Luft 1,04 bei 730 Millimetern, d. h. das Volumen hat sich um 4 Hundertstel ausgedehnt, ohne irgend welche Einwirkung der Temperaturveränderung; damit bei gleich bleibendem Luftdrucke das Volumen sich von 1 auf 1,04 ausdehne, muss die eingeschlossene Luft um 11° C erwärmt werden. Also eine Erwärmung um 11° C und eine Verminderung des Luftdruckes um 30 Millimeter oder 1 Zoll der Quecksilbersäule bringen dieselbe Wirkung hervor. Das Instrument ist daher Barometer und Thermometer zugleich, aber keines von beiden allein.

Ein dem ersten Thermometer sehr nahe verwandtes, auf demselben Prinzipe beruhendes und an denselben Mängeln leidendes Instrument ist das Wetterglas, welches man noch da und dort und namentlich häufig in Bauernstuben findet [2]). An ein oben geschlossenes Glasgefäss ist unten eine Röhre geschmolzen, welche nach oben gerichtet und offen ist. Das Gefäss wird mit Wasser etwa halb aufgefüllt. Vermindert sich der Luftdruck bei gleicher Temperatur, so steigt das Wasser in der Röhre; steigt der Luftdruck, so sinkt dasselbe. Dieselben Veränderungen würden auch bei Erhöhung und Erniedrigung der Temperatur eintreten; allein da man annehmen kann, dass in einem Wohnzimmer keine beträchtlichen Schwankungen der Temperatur eintreten, so werden durch dasselbe hauptsächlich die Schwankungen des Luftdruckes beobachtet; gemessen werden sie allerdings nicht damit, eben so wenig als mit den ersten Thermometern dieser Art die Wärme hat gemessen werden können. Das Instrument, welches Reyher [3]) abbildet, und von welchem er sagt, er habe es im Jahr 1656 in Belgien gesehen, halb mit Essig gefüllt, scheint das von uns besprochene Instrument zu sein, wenn gleich Reyher das Aufsteigen im engen Rohr als kapillare Erscheinung auffasst, und das Gefäss sich offen denkt.

Trotz der grossen Unvollkommenheit der ersten Luftthermometer konnte es nicht sehr schwer sein, einigermassen vergleichbare Thermometer herzustellen; wir erfahren auch durch

[1]) l. c. p. 472.
[2]) *Cotte*, Mém. sur la météor. I, 498 nennt dieses Instrument *Baromètre suisse*. Taf. XV, 2.
[3]) *S. Reyheri* Pneumatica. 1725, p. 83.

Sagredo's Brief an Galilei (11. April 1615), dass jener mehrere übereinstimmende Instrumente besessen hat. Die wenigsten thermometrischen Beobachtungen indessen waren in der Art vergleichend, dass mehrere Instrumente erforderlich waren, sondern es wurde dasselbe Instrument zu unmittelbar aufeinander folgenden Beobachtungen verwendet; so z. B. in dem Versuch, welchen Sagredo unter dem 7. Februar 1615 an Galilei meldet, und bei welchem er die Temperaturerniedrigung durch eine Mischung von Schnee und Kochsalz misst [1]). Man findet desshalb wenig Aufzeichnungen über vergleichbare Thermometer; Sanctorius scheint die Forderung selbst nicht gestellt zu haben, um so bestimmter aber Franz Bacon [2]), der die Thermometer, die er auch *vitra calendaria* nennt, deutlich beschreibt und erklärt. Er sagt [3]): Da die Ungleichheit der Temperatur der Gesundheit schädlich ist, so ist es nützlich, zwei Thermometer oder Thermoskope, welche sich in allen Stücken entsprechen, zu derselben Tagesstunde an verschiedenen Orten, die vollkommen frei und schattenlos sind, aufzustellen [4]) u. s. w.

Die Art der Skalen, welche mit diesem ersten Instrumente wohl von der ersten Erfindung an verbunden waren, war eine höchst willkürliche, so dass Instrumente, deren sich ein Physiker bediente, namhaft von denen, deren sich ein anderer bediente, abweichen mussten. Wir sehen aus den Abbildungen bei Sanctorius und Flud, dass sie ihre Instrumente mit Eintheilungen versahen; wir lesen, dass Telioux die Wärme nach Graden und Minuten hat messen wollen; dass Sagredo mit seiner Skala Temperaturunterschiede misst. Galilei nennt verschiedene Wärmegrade mit Zahlen [5]). Allein alle diese Grade sind willkürlich. In der Beschreibung, welche Bacon von den *vitris calendariis* oder den Thermometern gibt [6]), sagt er: *Debet autem appendi charta angusta et oblonga et gradibus (quot libuerit) interstincta.*

Wenn die Skala schon eine ganz willkührliche war, so wäre es doch nicht uninteressant

---

[1]) Wer diese Messung zuerst vorgenommen, dürfte schwer zu ermitteln sein; *Sanctorius* hat sich auch bemüht, eine Vergleichung anzustellen zwischen der Abkühlung durch Schnee und der durch Schnee und Salz. (Comm. in Avic. Col. 200 de Aëre.)

[2]) *Franc. Bacon* Novum Organ. II. Aphor. XIII, § 38. Ausgabe von Amsterdam 1684, p. 190—191.

[3]) Id. Sylva Sylvarum. IX Cent. 811.

[4]) *Liebig: Fr. Bacon von Verulam* und die Geschichte der Naturwissensch. p. 21, geht sehr weit, wenn er sagt: »Er ist unvermögend sich auf den einfachen Begriff der Temperatur zu erheben oder auf den der ungleichen Fortpflanzung der Wärme, von guten und schlechten Wärmeleitern, von Wärmestrahlung.« Wenn *Liebig* die mangelnde Einsicht lebender Naturforscher damit entschuldigt: »Wir sind eben Kinder unserer Zeit und für die Lösung vieler Aufgaben mangelt uns noch die Kraft« (p. 41), so darf man dasselbe auch von Männern vergangener Jahrhunderte sagen und namentlich Eines berücksichtigen, dass nämlich die einfachsten wissenschaftlichen Begriffe nicht die ersten, sondern die letzten sind, die, zu deren Gestaltung die Arbeit von Jahrhunderten erforderlich ist.

[5]) *Galilei* Opere 1656. II, p. 474—475. Riposta di Galileo Galilei ad un Problema propostogli dall Ill. Sign. *Piero Bardi de' Conti di Vernio.*

[6]) *Franc. Bacon* Novum organum lib. II; Aphor. XIII. § 38. Ausgabe: Gesammelte Werke, Amsterdam 1684, p. 190—191. (Dieses Werk ist 1619 erschienen.)

zu erfahren, ob nicht von einigen Physikern doch ein gewisser Plan in der Anordnung derselben befolgt worden sei [1]); man könnte vielleicht Einiges über ihre Ansichten vom Luftdruck erfahren und vielleicht die allmählige Umwandlung der Lehre vom Vacuum erkennen, welcher der Torricellische Luftdruckversuch den Todesstoss gegeben hat.

Verfolgen wir die verschiedenen Gestalten, welche das Instrument nach und nach angenommen hat, so erkennt man ein fortwährendes Ringen mit den ursprünglichen Unvollkommenheiten, während lange Zeit noch die Hauptunvollkommenheit nicht ausgemerzt wurde. Und noch zu der Zeit, als die vollkommenern Florentiner Thermometer, welche den unsern ähnlich waren, und von denen wir später reden werden, sich verbreiteten, nahm das Instrument immer wieder andere Formen an. Namentlich richteten die Physiker das Augenmerk auf den störenden Umstand, dass die Flüssigkeit im untern Gefässe leicht verdunstete wegen der grossen Oberfläche, die mit der Luft in Berührung stand.

Statt eine Kugel, die mit einer Röhre versehen war, in einem mit Wasser gefüllten Gefässe umzukehren, wurde das Gefäss an die Röhre angeblasen und die Röhre gebogen, so dass sie die Form der heute gebräuchlichen Zimmerbarometer mit einer oben angeblasenen Kugel erhielt. Es ist das die Form, welche in unserer Fig. III dargestellt ist, und welche später allgemein als belgisches, auch Drebbelsches Thermometer bezeichnet wird [2]).

Das Instrument, dessen sich Mar. Mersenne [3]) bediente (Fig. VII), bestand aus einem Rohr, welches oben eine grosse Kugel A, unten eine kleine B hatte; die untere hatte bei C ein kleines Loch. Wird die Luft in der grössern Kugel gehörig erwärmt, und dann die kleinere Kugel in die eine Flüssigkeit eingetaucht, während sich die erwärmte Luft wieder zusammenzieht, so wird ein Tropfen Flüssigkeit eingesogen, der nun bei verschiedenen Temperaturen steigt und fällt.

Athanasius Kircher [4]) beschreibt 1643 mehrere Arten von Thermometern, von denen sich eines nur durch die wunderliche Form auszeichnet, das andere aber nichts anderes ist als der Heronsball, eine Form, welche mehrere Male nacherfunden und empfohlen worden, so von

---

[1]) Ich bin hierin anderer Meinung als *Martine* Essays sur la constr. et compar. des therm. 1751, p. 44: *On pourroit désirer de savoir, comment il* (Sanctorius) *graduoit ses Thermometres; mais, à dire vrai, ce seroit un objet de pure curiosité et dont on ne pourroit retirer aucun fruit etc.;* aus *Galilei's* Korrespondenz geht hervor, dass er für die Eintheilung dem Sagredo eine gewisse Vorschrift muss gegeben haben.

[2]) Récréat. math. 1627, p. 133; *Schwenter* Del. math. 1651, XII, p. 455—457.

[3]) *Mar. Mersenne,* Cogitat. physico-math. Par. 1644. II Vol. p. 140.

[4]) *A. Kircher,* Magnes sive de arte magnetica. Ed. II. Colon. Agrip. 1643. Pars II, 515. Ueber die 1641 erschienene erste Ausgabe macht sich *Torricelli* in einem Briefe an *Galilei* (1. Juni 1641) lustig. Siehe Comm. epist. V, 421.

Boyle [1]) und Lana [2]). (Fig. VIII.) Die in der Kugel erwärmte Luft drückt das Wasser durch die Röhre empor. Wenn Sanctorius dieses Instrument als Thermometer eingeführt hätte, so hätte er mit Recht sagen können, er habe ein von Hero erfundenes Instrument seinen Zwecken angepasst. Der Heronsball hat vor den andern den Vorzug, dass er leicht in Flüssigkeiten getaucht werden kann, was mit den andern Thermometern nicht gut thunlich ist, wie Boyle [3]) bestimmt hervorhebt. Das zweite Instrument, welches Boyle empfiehlt, ist eine hohle Glaskugel mit angefügter enger, oben offener Röhre, in welcher ein Flüssigkeitstropfen hängt und mit der Temperatur steigt und fällt. Jedenfalls waren diese beiden Einrichtungen passender zur Bestimmung der Flüssigkeitstemperatur, als die, welche Swammerdam [4]) erfunden, welcher an dem gewöhnlichen Thermometer die Luftkugel schalenförmig eindrückte zur Aufnahme von Flüssigkeiten und besonders von Blut. Die zweite Form, welche Swammerdam beschreibt, stimmt mit der zweitgenannten von Boyle überein. Die verschiedenen Gestalten, welche übrigens Lana in der angeführten Schrift dem Thermometer gibt, sind nicht von besonderer Bedeutung. Zwei darunter sind dem nachfolgenden Instrumente verwandt.

Während alle diese Thermometer darin übereinkommen, dass die Bewegung der Flüssigkeit, welche in Folge der Luftverdünnung und Luftverdichtung stattfindet, direkt wahrgenommen werden kann, beschäftigte sich der geschickte Experimentator in Magdeburg, Otto von Guericke, mit der Einrichtung eines Thermometers, welches sich den übrigen im Prinzipe anreiht, aber in der Ausführung die gleiche Selbstständigkeit des deutschen Physikers bekundet, welche allen seinen übrigen pneumatischen Forschungen eigen ist. Allerdings hatte sein Instrument solche Gestalt und Grösse, dass es nicht für eine grosse Verbreitung geschaffen war, und es ist wohl ausser dem Exemplar, welches Guericke in seinem Hause aufgehängt hatte, nie ein zweites gemacht worden.

Der Pater Schott hat dieses Instrument, wie zahlreiche andere, die zu den Magdeburger Versuchen gehörten, in seinem Werke: *Technica curiosa* [5]) abgebildet und beschrieben, und Otto von Guericke hat die Beschreibung selbst entlehnt, welche er später in seinem berühmten Werke: *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo spatio* [6]) mitgetheilt hat. Um der Originalität willen theilen wir die ganze Beschreibung mit, zu deren Erläuterung wir das Instrument Fig. IX abgebildet haben.

---

[1]) *Boyle,* Exper. touch. Cold. 1665. II Discourse, Abschn. II, p. 41—44.

[2]) *Fr. Lana*, Prodrom. dell' Arte Maestra. 1670. Fig. VIII. Beschreibung p. 62 ff. und Magist. naturae et artis 1686. Tom. II, p. 380 ff.

[3]) *Boyle* l. c.

[4]) *Joh. Swammerdamus,* Tractatus de Respiratione usuque Pulmonum. Lugd. Bat. 1667. Cap. III, § 11. pag. 108.

[5]) *Gaspari Schotti* Technica curiosa. 1664. Lib. II, Cap. 13, p. 871—872.

[6]) Amsterdam 1672. Lib. III, Cap. XXXVII, p. 122—124.

A ist eine kupferne Hohlkugel etwa von der Grösse eines Rezipienten der Luftpumpe. *BC* ist eine etwa zollweite kupferne Röhre, die von der Kugel an etwa sieben Ellen lang ist; mit ihr verbunden ist eine zweite kupferne Röhre, in welche eine gewisse Menge Weingeist gegossen wird, je nach der Weite der Röhre. In die Röhre wird die kleinere aus dünnem Messing gemachte Röhre *KL*, welche etwa 1/4 Elle lang ist, eingeschoben und vorher so mit Schrotkörnern gefüllt, dass sie mit der Flüssigkeit gleiches spezifisches Gewicht hat. An diesem kleinen Kolben befindet sich ein mit Wachs beriebener Faden *EM*, der beim Austritt aus dem Rohr sich über eine Rolle *F* schlingt und an seinem andern Ende eine kleine Figur, einen Engel oder ein nacktes Knäblein trägt, welches den Finger gegen die Röhre ausstreckt. Diese beiden Röhren werden von einem Holzprisma bedeckt, damit man sie nicht sehe, und dem Beschauer ein Kunststück gezeigt werde. Die kleine Figur zeigt mit dem Finger nach den Temperaturgraden. Die Kupferkugel hat auf der Seite die Klappe *H*, welche der Erfinder Nabel der Kugel nennt; aus dieser Oeffnung wird mit einem zum Luftpumpen geeigneten Apparate so viel Luft ausgepumpt, dass die Figur am rechten Orte hangen bleibt. Wer den rechten Ort nicht kennt, der ziehe die Luft dann aus, wenn die kalten nebligen Nächte einfallen; denn dann muss die Figur etwa in halber Höhe schweben. Uebrigens wird die Praxis Alles besser lehren. Diese Kugel hat der Erfinder der Magdeburger Experimente an einer Wand des Hauses, an welche die Sonne nie scheint. Sie ist mit blauer Farbe bemalt, mit goldenen Sternen geziert und trägt die Ueberschrift: *Mobile perpetuum* [1]).

Otto von Guericke hat noch weiter an thermometrischen Einrichtungen gearbeitet: wir werden auf ihn zurückkommen, wenn wir von den thermometrischen Glaskugeln reden werden. Es mag hier der Versuch erwähnt werden, das Thermometer, wie übrigens auch die Windfahne und den Regenmesser selbstregistrierend zu machen, ein Versuch, über welchen uns Monconys eine Notiz (1663) hinterlassen hat [2]) (Fig. XVI):

Outre le college que i'allois voir par curiosité comme tous les autres, i'y allay encore plus pour voir M. Renes grand Mathematicien quoy que petit de corps, mais des plus ciuils et des plus ouuerts que i'aye trouuez en Angleterre: car quoy qu'il ne veüille pas que ses pensées soient diuulguées, il ne laissa pas de me dire fort librement celle de son Horologe du temps, qui fait mouuoir vne regle, sur laquelle est attaché un rayon qui marque sur des cercles concentriques qui correspondent aux heures, tous les changemens des vents, qu'vne Giroüette indique, en les faisant tourner, et de mesme les pluyes, la gresle, et la neige par des vâses attachez

---

[1]) Ein anderes Instrument beschreibt derselbe Erfinder in einem Brief an *C. Schott* (30. Dec. 1661) und nennt es *semper vivum;* dieses gibt nur die Veränderungen des Luftdruckes an, und ist das Instrument, welches *Monconys* bei ihm gesehen hat; siehe *Monconys* Journal des voyag. II, 231—234; *Guericke* Experim. Magd. III, p. 100.

[2]) *Monconys* Journ. des voy. III, 53.

à cette roûe, qui passent à châque heure sous vn entonnoir, dans le quel il peut pleuuoir, neger, ou gresler; et le chaud et le froid par vn Thermometre, qui fait hausser, ou baisser vne tablette, contre laquelle vn crayon de la regle susmentionnée allongée autant qu'il faut pour cét effet marque en trauers les heures, comme la table marque en hauteur les changemens, dont la figure suiuante est un grossier dessein.

Nicht unbedeutenden Veränderungen begegnen wir in dem Werk von Joh. Christ. Sturm, Professor in Altorf: *Collegium Experimentale sive Curiosum*, *Nürnberg 1676.*

Das belgische Thermometer enthält die Form Fig. X, d. h. der kürzere Schenkel ist verschlossen, der engere offen; die in *A* eingeschlossene Luft ist durch die höhere Flüssigkeitssäule im anderen Schenkel komprimiert. Sturm aber schliesst auch noch den andern Schenkel, indem er eine Kugel aufsetzt und so ein Thermometer erhält, das vollkommen geschlossen und daher den Einwirkungen des Luftdruckes entzogen ist [1]). Es ist das Differentialthermometer Fig. XI. Der äussern Form nach scheint es mit dem Thermometer, dessen sich der Brüsseler Arzt van Helmont bediente, übereinzustimmen [2]). Dieses aber ist nach der ausdrücklichen Erklärung desselben unten geöffnet (Fig. XII) und ist also das Thermometer, dessen Beschreibung wir schon 1627 gefunden haben, mit dem Unterschiede jedoch, dass in Helmont's Thermometer nur ein grösserer Tropfen hin und her bewegt wird. Sturm erklärt die Wirkung, welche auf dieses Differentialthermometer ausgeübt wird, ganz genau; allein er gibt nirgends an, dass er der Erfinder desselben sei. Eine Bemerkung, welche Pater Schott macht, zeigt, dass er schon ein doppelt verschlossenes Thermometer gekannt hat [3]):

Wenn man beide Kugeln, die obere und die untere, fest und wenn man will hermetisch schliesst, so sieht man dieselbe Wirkung, wie auf die andere Weise. Wird die Luft der Kugel *A* (der obern) durch Kälte verdichtet, so steigt das Wasser empor; dann aber muss die Luft in der Kugel *B* verdünnt werden; wenn aber die Luft in der Kugel *A* durch Wärme verdünnt wird, sinkt das Wasser, aber dann muss die Luft in der Kugel *B* verdichtet werden; das erste geschieht, damit kein Vacuum entstehe, das zweite, damit sich die Körper nicht durchdringen; denn vor Beidem hat die Natur einen Abscheu.

Man kann also das vom Luftdruck unabhängige Differentialthermometer bis auf Schott zurückführen.

Den Gebrauch, den man zu Sturms Zeiten von den verschiedenen Thermometern machte, gibt er mit wenigen Sätzen an [4]):

Man gebraucht die Thermometer, 1) um die Wärmegrade chemischer Oefen zu mo-

---

1) *J. Chr. Sturm,* Collegium Exper. I, p. 49 sqq. Auctuaria: p. 87—90.
2) *J. Baptistæ van Helmont* Opera 1648, p. 64. Edente auctoris filio Edit. IV. 1667, p. 39.
3) *Gasp. Schotti,* Mechan. hydraul.-pneumat. 1657. P. II, 231. Ann. I.
4) *Sturm,* Coll. Exper. I, 55—56.

derieren; 2) um den bestimmten Wärmegrad zu finden, welchen die Oefen brauchen, die dazu dienen, Hühnereier nach der Sitte der Aegypter und der Vorschrift des Grossherzogs von Florenz auszubrüten (siehe *Franc. Lana*, Prodromo dell' Arte Mæstra pag. 63); 3) in der Kochkunst, um die Eier zu sieden etc.; 4) zur Beobachtung der Luftveränderungen, des Wachsthums und der Abnahme der Wärme, von Tag zu Tag, von Stunde zu Stunde, und zur Aufstellung astrologischer Vorschriften; 5) zur Messung der Strahlenbrechung in der Luft nach Bettinus [1]); 6) in der Medizin zur Bestimmung der Blutwärme Fieberkranker etc.

Die gewundenen und in Zickzacklinien gebogenen Thermometer, welche Sturm abbildet [2]), übergehen wir, weil sie durchaus kein besonderes Interesse darbieten, und weil es uns sehr weit führen würde, alle Spielereien, welche mit dem Instrumente vorgenommen worden sind, aufzuzählen.

Ein Thermometer, welches in seiner äussern Konstruktion fast ganz mit dem Barometer von Huyghens zusammenfällt, wurde von Hubin [3]), einem französischen Thermometerfabrikanten, welcher sich durch grosse Geschicklichkeit im Glasblasen auszeichnete, ausgeführt, hat aber wohl wegen seiner Kompliziertheit wenig Nachahmung gefunden. (Fig. XIII.) Der obere Theil A ist luftleer, von A bis B ist die Röhre mit Quecksilber, von B bis D mit Wasser, von D an mit Luft gefüllt. Dehnt sich die Luft in C aus, so wird die Flüssigkeit in D heruntergedrückt und diesem entsprechend das Quecksilber in A in die Höhe; da aber die Röhre bei D im Verhältniss zu B und A sehr eng ist, so ist die Veränderung des Quecksilberstandes nur eine geringe, und da sich die Luft bedeutend mehr als Quecksilber und Weingeist ausdehnt, so wird durch das Sinken von D nahezu die wirkliche Ausdehnung der in C eingeschlossenen Luft beobachtet. Das Instrument ist allenthalben geschlossen und daher vom Luftdruck unabhängig. Die Vorzüge dieses Thermometers sind, sagt Hubin, 1) dass es vom Luftdruck unabhängig ist; 2) dass die Flüssigkeit nicht verdunstet, weil es hermetisch verschlossen ist; beide Fehler haben die alten Thermometer; 3) dass es unendlich empfindlicher ist, als die neuen Florentiner Thermometer, die Weingeist enthalten und verschlossen sind; denn der beste Weingeist verdünnt sich nur wenig und langsam im Vergleich mit der Luft: hält man mit den gleich warmen Händen, mit der einen die mit Weingeist gefüllte Kugel des Florentiner Instrumentes, mit der andern die Kugel C des unsern, so steigt der Weingeist im erstern kaum um 4 Linien und die Flüssigkeit sinkt mehr als 18 Zoll in unserm, was ein Verhältniss von 216 gegen 4 gibt.

Ein anderes bemerkenswerthes Instrument aber darf nicht übergangen werden, da es sich

---

1) *Marius Bettinus* Appiaria Mathem. Appiar. VIII. Prog. 8 in Scholio. — Erste Anwendung des Thermometers bei astronomischen Untersuchungen.

2) Coll. exper. II, p. 165, und D*** Traittez des barom. therm. etc. 1688. p. 78.

3) Nach *Reyher* Pneumat. 1725. p. 193—194. *Reyher* spricht von Wasser statt von Weingeist.

von dem bisherigen in mehr als einem Punkt unterscheidet. Die vollständige Beschreibung entnehmen wir dem schon genannten anonymen Aufsatze von D*** (Dalencé):

In allen bisher besprochenen Thermometern war es die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Luft, welche an dem Steigen und Fallen einer Flüssigkeit beobachtet wurde; die Flüssigkeit, welche dazu angewendet wurde, war an sich von nicht besonderer Bedeutung. Das anfänglich angewandte Wasser hatte den Nachtheil, beim Gefrieren keine weitere Beobachtung mehr zu gestatten, auch wohl das Gefäss zu sprengen. Man hat daher Wein [1]) oder Wasser mit Weingeist oder mit Säuren versetzt, und um die Bewegung noch sichtbarer zu machen, auch gefärbt [2]). Kircher [3]) hat auch (ob wohl zuerst?) Quecksilber angewandt.

Dalencé [4]) theilt nun Folgendes mit, was sich auf unsere Fig. XI bezieht:

Quelques curieux voiant, que le vif-argent est aussi fluide et coulant que l'eau, et qu'il a même cét avantage sur l'eau, qu'il ne se glace point pendant le froid, ont songé à en faire un Thermométre. En voici la description.

A B C est un grand tuiau long de trois pieds, pareil à ceux des Barométres ci-devant décrits. Ce tuiau doit être sêllé hermetiquement en A et recourbé en B et en C.

D est une boule une fois plus-grosse, qu'une bale de jeu de paume, qui tient à ce tuiau, et dont le haut est ouvert.

On remplit de vif-argent ce Thermométre, comme pour faire un Barométre, c'est-à-dire on fait le vuide, en sorte que le haut du tuiau, depuis la superficie du vif-argent, jusques à l'extrémité A, soit vuide d'air.

Les trois quarts de la boule D, doivent être pleins d'air commun, et l'ouverture en doit être scêllée en E.

Il faut appliquer ce Thermométre sur la planche ou bordure, et mettre des divisions le long du tuiau, en sort que le milieu de ces divisions réponde à la superficie du vif-argent marquée F.

Ce Thermométre étant en cét état, si vous approchez la main de la boule qui est pleine d'air, la chaleur qu'elle lui communiquera échaufant cét air qui y est renfermé, l'obligera à se dilater et à s'etendre; et cét air ainsi dilaté, pressant sur la superficie du vif-argent, le fera d'autant plus facilement monter dans le tuiau, que sa partie F A est vuide d'air grossier. C'est le mouvement de la superficie F du vif-argent, qui marquera d'un moment à l'autre les changemens de chaud et de froid.

---

[1]) Sicherlich *Galilei* zuerst. *Sagredo* erwähnt zuerst bloss Wasser; erst nach *Galilei's* Erklärungen Wasser oder Wein; *Galilei* in dem mitgetheilten Fragmente nur Wein.

[2]) *Athan. Kircher* Magnes. Edit. II. 1643. II, p. 515.

[3]) l. c. p. 516.

[4]) Traitt. d. barom. therm. etc. 1688. p. 80 sqq.

Offenbar ist auch dieses Instrument vom äussern Luftdrucke vollkommen unabhängig, ohne ein Differentialthermometer zu sein. Es leidet an dem einen wesentlichen Nachtheil, dass durch die Hebung der Quecksilbersäule im längern Schenkel der Druck, unter welchem die eingeschlossene Luft steht, ein merklich veränderlicher ist, und dass daher nicht mehr angenommen werden darf, die Ausdehnung der Luft sei der Temperatur proportional.

Die Instrumente, welche später unser Landsmann Hermann [1]) und Balthassar [2]) angewandt haben, fallen mit dem von Dalencé beschriebenen zusammen. Das berühmte Thermometer von Amontons [3]) ist unvollkommener als das von Dalencé, weil es immer noch vom Luftdrucke abhängig ist [4]).

Nachdem Torricelli durch die Erfindung des Barometers der Lehre vom Vacuum den Todesstoss gegeben hatte, beschäftigte sich besonders Pascal [5]) mit Versuchen über den Luftdruck; ihm entgieng die Unvollkommenheit der gebräuchlichen Thermometer ebenso wenig, als später R. Boyle [6]). Die Florentiner Akademiker aber wiesen den Einfluss des Luftdruckes durch ein schlagendes Experiment nach (siehe Fig. XVII) [7]):

Ein heberförmig gekrümmtes Rohr hat an dem einen Schenkel zwei Kugeln *E* und *F* angeblasen, welche in eine feine offene Spitze ausmünden. Am Fusse eines hohen Thurmes füllt man das Rohr bis zu einer gewissen Höhe, und die Flüssigkeit stellt sich in beiden Schenkeln gleich hoch. Nun wird die feine noch offene Spitze *H* rasch zugeschmolzen, mit der Vorsicht, dass die Lampe, deren man sich zum Zuschmelzen bedient, die Kugeln nicht erwärmt. Der ganze Apparat wird auf die Höhe des Thurmes gebracht. Da nun ein verminderter Luftdruck auf den offenen Schenkel drückt, so erhebt sich die Flüssigkeit im offenen und senkt sich im geschlossenen.

Derselbe Versuch wurde mit einem heronsballähnlichen Thermometer ausgeführt.

Die Kenntniss der Wirkungen des Luftdruckes verbreitete sich mehr und mehr.

---

1) *Hermann*, Phoronomia. 1716. Lib. II. Prop. LXXXV. Schol. p. 377.

2) *Van Swinden*, Dissert. sur la comp. des therm. 1778, p. 150 sqq. gibt an: Act. Lips. 1719, p. 128: seu Opusc. ex Act. Lips. exc. Vol. V, 589.

3) *Amontons* Mémoires de l'Acad. 1703, 50—69. Histoire de l'Acad. 1703, 6—10.

4) Auch das Instrument, welches *Joh. Bernoulli* in einem Brief an *Leibnitz* (Commerc. epist. I, pag. 374. Juli 1698) vorschlug und welches dazu dienen sollte, Maxima und Minima zu beobachten, litt an diesem Kardinalfehler; nichtsdestoweniger hat es einigen Werth als erster Versuch zur Lösung der bezeichneten Aufgabe.

5) *Pascal* Trait. de l'Equil. des liqueurs etc. Geschrieben 1653. Nach Pascals Tode zuerst 1662 erschienen. Siehe Ausgabe von 1698, p. 115 sqq.

6) *Boyle* New Exp. touch. Cold. 1665, p. 18 sqq.

7) Saggi p. 43 sqq. oder Tentamin. Acc. del Cim. I, 57 sqq.

Ein eigenthümliches, mehr launiges Zwischenspiel unter den ernsthaftern Beschäftigungen an der Verbesserung der Thermometer bildeten die Glaskugeln, welche je nach den Temperaturverhältnissen in Flüssigkeiten bald stiegen, bald fielen, und daher zu mehreren thermoskopischen Versuchen so verwendet werden konnten, dass in ein Glasgefäss voll Flüssigkeit mehrere Kugeln von verschiedenem Gewicht gebracht wurden, und die Temperatur je nach dem Sinken und Steigen einer grössern oder kleinern Zahl beobachtet wurde. In den Pensieri varj [1]) stellt Galilei die Frage auf: *Calidi est rarefacere et frigidi condensare. Numquid corpus aliquod, quod in aqua frigida non descendat, quia densior, descendat idem in calida, quia rarior?* Die aräometrischen oder thermometrischen Glaskugeln beantworten diese Frage.

Es gibt zweierlei Kugeln dieser Art, und verschiedene Anwendungen derselben; die einen münden in eine enge offene Röhre, die andern sind geschlossen. Die erstern sind dem Prinzipe nach Kartesianische Taucher. Der Gedanke, diese auf Thermometrie zu verwenden, scheint vom Grossherzog Ferdinand II zu stammen; auch ist er als der Erfinder der geschlossenen Kugeln zu betrachten. Wir erfahren leider in nicht ganz klarer Fassung von Monconys Folgendes vom November 1646 [2]):

Le 7. *Je fus le matin chercher M. Nardi: de là reuoir S. Laurens; puis à la fonderie de Jean de Boloigne, où sont les modelles des plus belles Statuës qu'il y ait icy: de là voir M. Torricelli à sa classe qui me dit:*

Que le grand Duc auait diuers thermometres pour connoistre le chaud et le froid, tous auec l'eau de vie et des boules de verre plaines d'air, mais vne où sont deux boules, l'vne en haut l'autre en bas, quand il fait chaut celle d'en bas monte, quand il fait froid celle d'en haut descend. Il m'en dit vne autre d'vne boule pleine d'air à moitié, et la moitié d'eau avec vn trou en bas et empeschée de monter en haut par vne chaisne de verre: quand l'air se condense il y entre plus d'eau, et ainsi la chaisne s'accourcit et la bouteille descend; quand au contraire l'air se rarefie, l'eau sort, la bouteille monte et la chaisne est plus longue.

Und am andern Tage:

L'apresdiné ie fus prendre congé de M. Torricelli, qui me dit:

Comment se faisoient les thermometres du grand Duc, l'un par quantité de vessies de verre d'inegale pesanteur, mais presque aussi legeres que l'eau, si bien qu'elles deuenaient plus legeres successivement, à mesure que l'eau se condensoit et se faisoit plus graue: l'autre avec deux bouteilles l'vne plus pesante que l'eau qui faisoit l'effet que les cy-dessus et l'autre troüée et auec de l'eau dedans, et y en entrant d'auantage par la condensation de l'air, elle deuient plus pesante et enfoncée.

---

1) Opere di Gal. Galilei. Padua 1744. III, p. 442.

2) *Monconys* Journal des voyages I, 130—131.

Hierauf folgt ein Versuch, wahrscheinlich der erste, die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren betreffend.

Wenn Torricelli den Fremdling neben wenigen andern Mittheilungen gerade auch mit den Glaskugeln des Grossherzogs bekannt gemacht hat, so darf wohl daraus entnommen werden, dass er dieser Vorrichtung einige Bedeutung zugeschrieben hat; und da er sie als Thermometer des Grossherzogs bezeichnet, so muss die Erfindung oder wenigstens die thermometrische Anwendung auf diesen zurückgeführt werden.

Bringt man in ein cylinderförmiges Gefäss, das mit Flüssigkeit gefüllt ist, eine unten mit einer kurzen offenen Röhre versehene, hohle Glaskugel, welche beinahe von gleichem spezifischem Gewicht ist, wie die Flüssigkeit, aber noch schwimmt, und schliesst man das Gefäss hermetisch, so sinkt die Glaskugel, wenn die Temperatur steigt. Ist aber das Gefäss oben offen und die Glaskugel bei niedriger Temperatur am Boden, so steigt die Kugel, wenn die Temperatur steigt. Der erste Versuch heisst das Florentiner, der zweite das Stuttgarter Experiment [1]).

Im Jahr 1649 schickte Grossherzog Ferdinand ein Gefäss der ersten Art an Athanasius Kircher und Raphael Magiotti nach Rom, und gab ihnen diese Erscheinung als Räthsel zur Erklärung auf.

Magiotti publizierte in demselben Jahre seine Auffassung in einer Schrift: *Renitenza certissima dell' acqua alla compressione* [2]) und Kircher anno 1654 in der neuen Edition der *Ars magnetica* [3]); beide geben die richtige Erklärung der Erscheinung:

Die Luft ist in hohem Grade zusammendrückbar, das Wasser nur in einem äusserst geringen, damals noch nicht wahrgenommenen Grade; wenn nun das Wasser in dem verschlossenen Gefässe erwärmt wird, und sich nach keinem andern Raum hin ausdehnen kann, als in die Hohlkugel, so wird die Luft in derselben komprimiert, indem das Wasser eintritt; die Kugel wird schwerer und sinkt. Bei der Abkühlung zieht sich das Wasser wieder zusammen, die Luft in der Kugel dehnt sich also aus, die Kugel wird leichter und steigt.

Kircher machte dabei noch verschiedene Experimente:

In einem geschlossenen cylindrischen Glasgefässe, welches mit Flüssigkeit gefüllt ist, befindet sich oben schwimmend eine offene, und am Grunde eine geschlossene Kugel. Indem die Flüssigkeit erwärmt wird, dehnt sie sich aus, dringt in die obere Kugel und wird leichter; die obere Kugel wird schwerer und sinkt; die untere aber, welche in der vorher schweren Flüssigkeit am Grunde lag, wird jetzt im Verhältniss leichter und steigt. Ein oben offenes, mit

[1]) *C. Schott*, Mechan. hydr. pneum. 1657, 291, und *Sturm*, Colleg. curiosum. 1676. II, 166—167; siehe unsere Figur XVIII (1, 2, 3).

[2]) *C. Schott* l. c. 292.

[3]) Lib. I, p. 1. Progymn. 3, p. 127 sqq.

Flüssigkeit gefülltes Gefäss enthält eine Hohlkugel mit feiner Oeffnung; wird die Flüssigkeit mit dem Daumen zusammengedrückt, so drängt sie sich in die Kugel und diese sinkt (Römer-Experiment Fig. XVIII, 2).

Dn. Reiselius hat neben das Florentiner Experiment ein anderes gestellt, welches man, wie gesagt, Stuttgarter Experiment genannt hat (Fig. XVIII, 3). Wenn nämlich das Gefäss nicht geschlossen ist, so ist die Wirkung genau die entgegengesetzte; die unten offene Glaskugel steigt bei der Erwärmung und sinkt bei der Abkühlung. Denn die in der Kugel enthaltene Luft dehnt sich bei der Erwärmung mehr aus als ein gleich grosses Volumen Wasser; die Kugel wird daher leichter als ein gleiches Volumen Wasser, steigt also. Bei der Abkühlung zieht sich die Luft mehr zusammen als ein gleich grosses Volumen Wasser; die Kugel wird schwerer, sinkt also.

Die Versuche, welche Monconys [1]) mittheilt, und zu welchen er auch Abbildungen gibt, sind ohne allen Zweifel durch die Anregungen, welche er in Florenz erhalten hat, veranlasst worden; sie enthalten übrigens nichts Bemerkenswerthes, als dass sie vom Jahr 1647 stammen, aus einer Zeit, in welcher diese Kugeln noch wenig bekannt waren.

Wir haben angegeben, dass Ferdinand II sich geschlossener Kugeln zu thermometrischen Zwecken bedient habe, wie aus dem Berichte Monconys auf das Unzweifelhafteste hervorgeht. Auch die Accademia del Cimento zählt unter ihren Thermometern diese Glaskugeln auf [2]), ohne Angabe des Erfinders. Die Vorrichtung, welche Otto von Guericke im Anschluss an sein *Mobile perpetuum* mittheilt [3]), ist genau von gleicher Art, nur nimmt er statt einfacher Glaskugeln, Imaguncula, wie schon Kircher vorgeschlagen hatte. Dasselbe sind die von Dalencé [4]) beschriebenen Schildkröten und die von Pasumot [5]) wohl zum letzten Male nacherfundenen Glaskugeln, deren Gang er mit der Réaumurschen Skala zu vergleichen sich bemüht.

Ein besonderer Grad von Genauigkeit konnte mit diesen Kugeln nicht erreicht werden. Schon die Florentiner Akademiker erkannten dieses deutlich [6]): »Das fünfte Instrument ist auch ein Thermometer, aber weniger empfindlich und unzuverlässiger als alle andern;« indessen haben wenigstens die geschlossenen Kugeln und die offenen im hermetisch geschlossenen Gefässe den Vorzug vor den gewöhnlichen Luftthermometern, dass sie vom Luftdrucke unabhängig sind. Dass die geschlossenen auch zu aräometrischen Zwecken verwendet werden können, liegt auf der Hand.

---

[1]) *Monconys* Journal des voy. I, 173—174.
[2]) Saggi di nat. esp. p. 15.
[3]) Exper. Magd. lib. III, p. 124.
[4]) Traittez des bar. etc. 1688, 78—79; darin Figur 7 u. 8.
[5]) Observ. sur la Phys. Juli 1775. VI, 230—232.
[6]) Saggi di nat. esp. p. 15.

Fassen wir noch einmal alle diejenigen Thermometer ins Auge, in welchen die Ausdehnung der Luft durch die Bewegung einer Flüssigkeitssäule beobachtet wird, so ergibt sich, dass die meisten Temperatur und Luftdruck zugleich anzeigen.

Das Differentialthermometer von Sturm zeigt nicht absolute Temperaturen, sondern Temperaturdifferenzen; erst die Instrumente von Hubin und Dalencé haben bei gleicher Temperatur den gleichen Stand. Vor diesen wäre es also eigentlich kaum möglich gewesen, zu der Ueberzeugung zu kommen, dass gewissen physischen Vorgängen, namentlich den Veränderungen des Aggregatszustandes, ganz bestimmte Temperaturen entsprechen, wenn nicht die Ausdehnung anderer Körper, und zwar weniger komprimierbarer, also fester oder flüssiger, zu thermometrischen Zwecken beobachtet worden wäre.

Es ist bis heute nicht mit Bestimmtheit ermittelt, wer den wichtigen Schritt zuerst gethan hat, statt der Ausdehnung der Luft die einer Flüssigkeit zu beobachten.

Eine Notiz ist bemerkenswerth:

In einem Brief an P. Mar. Mersenne schreibt der Arzt J. Rey [1]:

Il y a diversité de thermoscopes ou thermomètres, à ce que je voys: ce que vous en dites ne peut convenir au mien, qui n'est plus rien qu'une petite phiole ronde, ayant le col fort long et deslié. Pour m'en servir, je la mets au soleil, et parfois à la main d'un fébricitant, l'ayant toute remplie d'eau, fors le col; la chaleur dilatant l'eau fait qu'elle monte; le plus ou le moins m'indique la chaleur grande ou petite.

Wenn wir oben angegeben haben, dass Telioux sich im Irrthum befindet, wenn er die Bewegung der Flüssigkeit in seinem Thermometer der Ausdehnung des Wassers zuschreibt, so ist ganz sicher, dass Rey's Instrument auf der Wasserausdehnung beruht, und der Ausdruck: »was Sie davon sagen, passt auf das meinige nicht,« lässt annehmen, dass Rey dieses von allen andern Thermometern verschiedene Instrument erfunden habe; die Erfindung fiele also nicht später als 1631.

Ob dieses Instrument zu allgemeinerer Kenntniss gelangt ist, oder ob unabhängig davon die geschlossenen Florentiner Thermometer hergestellt worden sind, kann gegenwärtig nicht entschieden werden. In der Mitte des 17. Jahrhunderts galt als Erfinder dieser Thermometer Ferdinand II, Grossherzog von Toskana; er wird von verschiedenen Autoren noch zu seinen Lebzeiten als solcher bezeichnet.

Viviani [2]) nennt neben der ersten Erfindung durch Galilei nur die Verbesserung durch

---

[1]) *Höfer,* Histoire de la chimie II, 257. Essays de *Jean Rey*, doct. en méd., sur la recherche de la cause pour la quelle l'Estain et le Plomb augmentent de poids quand on les calcine. Nouvelle Edition par M. *Gobet.* Paris 1772. 8⁰. p. 136—137. Brief vom 1. Januar 1632.

[2]) Vita d. Gal. Galilei. Firenze 1718. p. 67.

Ferdinand II, und da diese Lebensbeschreibung schon 1654 redigiert wurde, so fällt diese Verbesserung vor dieses Jahr. Pater **Urbano Daviso** gibt in einem Werkchen: *Pratiche Astronomiche*, welches dem Galileischen *Trattato della Sfera* angehängt wurde, eine genaue Beschreibung der Verbesserungen, welche durch den Grossherzog an dem Instrumente vorgenommen worden sind [1]).

Er nahm ein kleines Glasgefäss von der Grösse einer Flintenkugel, mit einem engen Rohre, füllte die Kugel mit Weingeist, gefärbtem oder ungefärbtem, und schloss dann das Rohr hermetisch; mit Punkten bezeichnete er verschiedene Grade. Er wandte dieses Instrument zu verschiedenen Arbeiten an, beobachtete regelmässig die Lufttemperatur, fand, dass in tiefen Kellern und Brunnen die Temperatur im Sommer und im Winter gleich sei u. s. w.

Wenn man daher die Erfindung dieses Instrumentes den Mitgliedern der **Accademia del Cimento** zuschreibt, wie es zu geschehen pflegt, so begeht man einen Irrthum. Es geht übrigens aus ihrem Tagebuch hervor, dass sie unmöglich die Erfinder sind. **Antinori** [2]) sagt, dass nach dem Tagebuche schon um 1641 dieses Thermometer existiert habe. Da das Tagebuch nur bruchstückweise publiziert, und bei **Antinori** keine nähere Angabe gemacht ist, so kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen, auf was sich diese Angabe stützt. Vielleicht auf Folgendes:

Die Akademiker machten einige Versuche darüber, ob Glas für Gerüche und Flüssigkeiten permeabel sei [3]); leider ist das Datum im Tagebuche nicht angegeben. Die Impermeabilität wurde unter anderm dadurch nachgewiesen, dass ein sechszehn Jahre vorher konstruiertes Thermometer mit einem Diamant aufgeschnitten und der darin befindliche Weingeist untersucht wurde. Da derselbe mit eben so lebhafter Flamme wie frischer Weingeist brannte, so ergab sich, dass sich nichts von demselben verflüchtigt hatte. Wenn dieser Versuch im Anfang der akademischen Arbeiten gemacht worden ist, so stammte das Thermometer von 1641. Man darf auch wohl annehmen, dass die Akademiker ein möglichst altes Instrument zu ihrem Versuche angewandt haben, und dass man also nicht lange vor 1641 in Florenz geschlossene Weingeistthermometer bereitet habe. Mag übrigens der Versuch zu irgend welcher Zeit während des Bestandes der Akademie angestellt worden sein, so kann das Thermometer nicht von den Akademikern hergestellt gewesen sein, weil die Akademie selbst nur zehn Jahre gelebt hat.

Eine Hauptanwendung, welche **Ferdinand** von seinem Thermometer machte, war die zur künstlichen Ausbrütung der Hühnereier, wie es scheint, nicht mit grossem Erfolge; denn

---

[1]) Trattato della Sfera di *Galileo Galilei*, con alcune pratiche intorno a quello di *Buonardo Savi*. Roma per il Tinassi. 1656. p. 189; *Nelli* hat den ganzen Abschnitt abgedruckt: Vita di Gal. Gal. I, Cap. V. p. 91—93. *Lana* nennt ebenfalls Ferdinand II in Prodr. dell Arte maestra. 1670. p. 62.

[2]) Saggi. Notizie istoriche p. 33; beruft sich auf das Diario und auf *Targioni* I, p. 70.

[3]) Aggiunte di Saggi di naturali esper. p. LXIV u. LXV.

von zwölf Dutzenden giengen blos 61 auf, und von diesen entwickelten sich blos 3. Allein auch dieser Versuch weist darauf hin, wie sich nach und nach der Gedanke gestaltete, dass bestimmte Wärmegrade für bestimmte Erscheinungen erforderlich seien; ein Gedanke, der nur reifen konnte durch Beobachtungen mit diesen neuen Thermometern.

Wichtiger wohl war die ausgebreitete Anwendung zu meteorologischen Zwecken. Im Auftrage des Grossherzogs verbreitete der Jesuite Luigi Antinori [1]) Thermometer in verschiedene Klöster, in welchen tägliche Beobachtungen damit angestellt wurden, deren Zusammenstellung dem Grossherzog eingehändigt wurde; zunächst in Toskana und zwar in der Umgegend von Florenz. Aber schon 1654 wurden weitere Beobachtungen angestellt in Vallombrosa und Cutigliano auf den Bergen von Pistoja, in Bologna unter der Leitung von Pater Riccioli, in Parma, Mailand, Warschau, Inspruck und Osnabrück. Alle Beobachtungen wurden an P. Antinori eingesandt. Schon 1657 wurden ausser dem Stande des Thermometers, auch der des Barometers, der Windfahne, des Hygrometers, die Bewölkung registriert. Konnten diese Beobachtungen, besonders die mit dem Thermometer von irgend welchem Werthe sein, wenn die Thermometer willkürliche Skalen besassen? Gewiss nicht. Wir werden darauf zurückkommen.

Die Arbeiten der Accademia del Cimento (1657—1667), welche von Leopold, dem Bruder des Grossherzogs von Toskana, Ferdinands II, zusammenberufen war, wurden bei der Publikation als gemeinschaftliche Forschungen ohne Angabe der Autoren publiziert. Man erfährt daher nirgends, welchen Theil jeder Einzelne an den angestellten Versuchen hat. Die Präzision ihrer Versuche, die Auswahl der Mittel sind in vielen Fällen für alle Zeiten mustergültig. Auf Theorie liessen sie sich nicht viel ein. Ihr Wahlspruch war: *Provando e Riprovando*, und ihre ganze Thätigkeit diesem Wahlspruch entsprechend. Die Resultate ihrer Forschungen sind von Magalotti beim Schluss der Akademie in dem oft citierten Buche: *Saggi di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimento* herausgekommen.

Dass diese Akademiker der Wärmelehre eine grosse Wichtigkeit beigemessen haben, geht aus der Mannigfaltigkeit der Instrumente und der Versuche hervor, und wohl auch aus dem Umstande, dass das erste Kapitel der Beschreibung von Thermometern gewidmet ist. Zu dieser bevorzugten Stellung mag auch das beigetragen haben, dass es sich gerade um die Instrumente handelte, welche Lieblingsgegenstände des regierenden Fürsten, vielleicht seine eigenen Erfindungen waren.

Die Verhandlungen behaupten über die Erfindung der Thermometer vollständiges Schweigen; dieses hat zweifelsohne dazu beigetragen, im Auslande die Meinung zu verbreiten, als seien

[1]) Saggi. Not. istor. p. 43—44.

die Akademiker selbst die Erfinder. Sie haben aber das Instrument schon vorgefunden, in welchem Grade vollkommen, ist nicht wohl zu sagen.

Im ersten Abschnitte der Saggi werden folgende Thermometer beschrieben [1]:

Das erste (Fig. XIX) besteht aus einer Kugel und einem feinen Glasröhre, dessen Lichtweite so beschaffen ist, dass der Weingeist bis zu einem mit 20 bezeichneten Grade sich einstellt, wenn das Instrument in Schnee und Eis gestellt wird, und nicht höher als bis zu einem mit 80 bezeichneten Grade in der stärksten Sommerhitze. Um die Röhre mit Weingeist zu füllen, erwärmt man sie, und füllt, wenn nicht die erforderliche Menge bei der Abkühlung der Luft eingesogen wird, mit einem Glastrichter die nöthige Flüssigkeit nach. Die Grade auf der Röhre sind sorgfältig anzubringen und zwar wird die ganze Röhre in zehn gleiche Theile getheilt und jeder Theilpunkt mit einem weissen Emailtropfen bezeichnet; der Zwischenraum zwischen zwei solchen Tropfen wird mit neun schwarzen oder anders gefärbten Emailtropfen in zehn gleiche Theile getheilt. Dann wird die Röhre hermetisch verschlossen. Es wird nicht Wasser, sondern Weingeist genommen, weil dieser empfindlicher sei für Wärme und Kälte, jenes aber, wenn auch noch so rein, mit der Zeit einen Schlamm absetze, während Weingeist seine Klarheit behalte. Der Gebrauch, den Weingeist zu färben, sei damals veraltet gewesen.

Das zweite Thermometer ist dem ersten ähnlich hergestellt, aber statt in 100 nur in 50 Theile getheilt; während jenes im strengsten Winter 17 oder 16 Grad zeige, zeige dieses 12 oder 11; während jenes bei intensiver Hitze bis 80 steige, steige dieses nur bis 40. Die Regel, nach welcher diese Instrumente zu verfertigen sind, damit sie unter einander die richtige Beziehung haben, kann nur durch Praxis erlernt werden, welche das richtige Verhältniss zwischen Kugel und Röhre und die richtige Weingeistmenge finden lehrt, damit sich keine Unregelmässigkeiten ergeben.

Ein drittes, den beiden vorhergehenden ähnliches Thermometer war in 300 Grade getheilt; auch die Herstellung dieses Instrumentes konnte nur durch langjährige Erfahrung und Praxis erlernt werden. Ein Glaskünstler, welcher für den Grossherzog arbeitete, pflegte zu sagen, er würde sich getrauen, zwei, drei oder mehrere 50gradige Thermometer, welche im gleichen Raume gleiche Grade zeigten, zu machen, nicht aber solche von 100, geschweige denn von 300 Graden.

Das vierte Thermometer bestand aus einer Kugel mit spiralig aufgewundenem Rohre, an welchem auch kleine Temperaturdifferenzen wahrgenommen werden konnten; das fünfte aber aus thermometrischen Glaskugeln.

---

[1]) Saggi di nat. esp. 1841, 11—17.

Nur die ersten Thermometer und unter ihnen besonders das zweite erlangten eine allgemeinere Verbreitung.

Den Schmelzpunkt des Eises geben die Akademiker als festen Punkt an; bei dem ersten Thermometer fällt er auf 20 Grad, bei dem zweiten aber nach einer Notiz in derselben Schrift auf 13½ Grad [1]). »Wir haben ein Bleigefäss mit klein geriebenem Eise gefüllt und ein Thermometer von 50 Graden hineingestellt, welches sich auf 13½ Grad eingestellt hat.«

Im Jahre 1829 fand Antinori [2]) in einem Magazin in Florenz unter vielen Glasscherben eine Anzahl der Thermometer und andere Instrumente, deren sich die Akademiker bedient hatten. Eine genaue Vergleichung, welche Libri angestellt hat [3]), hat ergeben, dass allerdings der Eispunkt auf den Grad 13½, der Nullpunkt der Florentiner Skala auf — 15 Grad R. und 55 Grad Fl. auf 44 Grad R. fällt. Die in Florenz während 16 Jahren mit diesem Instrumente angestellten meteorologischen Beobachtungen ergaben dieselbe Mitteltemperatur, welche in Florenz von 1820 — 1830 beobachtet worden ist.

Diese Instrumente sollen mit grosser Sorgfalt und Geschicklichheit und auch mit grosser Uebereinstimmung hergestellt sein.

Es lässt sich wohl denken, dass dieselben nach einem einmal als Normalthermometer gewählten Exemplar ihre Theilung erhalten haben, ausgehend immer davon, dass der Schmelzpunkt des Eises auf 13½ u. s. w. fallen musste. Die schönen Versuche, welche die Akademiker über verschiedene Gegenstände, die sich auf das Gefrieren beziehen, ausgeführt haben, berechtigen zu der Annahme, dass sie auch mit Instrumenten gearbeitet haben, welche man anderwärts in gleicher Vollkommenheit nicht hat herstellen können. Als Beispiel dafür, dass sie ihre Thermometer für vergleichbar hielten, mag Folgendes dienen [4]):

Wir haben gesehen, dass eine gleiche Menge von Wasser von derselben Temperatur, in Glasgefässen von ähnlicher Form, Kapazität, Dünne, mit gleichen Mengen zerriebenen Eises umgeben, durch das Eis, welches mit Salmiak bestreut war, nicht zu derselben Zeit erstarrte, wie durch das, welches mit gleicher Menge Salpeter vermischt war. Denn wenn man ein Thermometer von 100 Graden in das Wasser tauchte, welches mit Salpeter zum Gefrieren gebracht werden sollte so sank es bis 7½ Grad, während ein anderes, ihm ähnliches, in das durch Salmiak zum Gefrieren gebrachte eingetaucht, bis 5 Grad sank in dem Momente, als das Eis sich zu bilden begann; beide Thermometer standen anfänglich auf 20 Grad.

Unter den verschiedenen Instrumenten befinden sich auch Badethermometer, sowie multi-

---

[1]) Saggi di nat. esp. 1841, 168. Tentam. II, p. 129.
[2]) Saggi. Not. istor. p. 41.
[3]) *Libri*, Mém. sur la dét. de l'éch. du therm. de l'Acc. del Cim. Ann. d. chim. XLV, 354 ff.
[4]) Saggi. di nat. esp. 1841, 112. Tentam. I, 173.

plizierende Thermometer, welche an den zu beobachtenden Graden dünn ausgezogen sind und daher bei geringer Temperaturdifferenz einen deutlichen Ausschlag geben. Diese Instrumente sind in den Verhandlungen nicht abgebildet.

Während in Italien an der Vervollkommnung der Thermometer, besonders in der Accademia del Cimento durch gemeinsame Versuche gearbeitet wurde, während anderwärts, so namentlich in Deutschland, nur das Luftthermometer sich einiger Berücksichtigung erfreute, das Florentiner aber noch gar nicht oder nur unvollständig bekannt war, erkannte der englische Physiker Robert Boyle sehr wohl die Vorzüge des geschlossenen Thermometers, obgleich er selbst noch kein Originalthermometer aus Florenz gesehen hatte. Die Abhängigkeit vom Luftdrucke erkannte er, bevor noch die Verhandlungen der Florentiner Akademie und Pascals Betrachtungen über denselben Gegenstand publiziert waren [1]. Er beobachtete und konstatierte den regelmässigen Gang des geschlossenen Thermometers, verglichen mit dem Luftthermometer (pag. 24—25); er stellte die Forderung auf, dass für die Wärme ein ähnlicher Standard aufzustellen sei, wie für Gewicht, Ausdehnungen, Zeit; so gut jeder wisse, was eine Unze, eine Juchart, eine Stunde sei, sollte er auch wissen können, was ein Wärmegrad sei, damit man sich auch dem Entfernten könne verständlich machen. Ueber die Beständigkeit des Gefrierpunkts ist er noch nicht ganz im Reinen (pag. 38):

Auch der Gefrierpunkt ist nicht scharf bestimmt; verschiedene Flüssigkeiten gefrieren nicht mit gleicher Leichtigkeit; auch gleichartige Flüssigkeiten erfordern eine verschiedene Temperatur zum Gefrieren, ein Wasser eine niedrigere als das andere.

Oder (pag. 39): Ein geistreicher Mann (wer wohl?) hat vorgeschlagen, die Temperatur zu wählen, bei welcher destilliertes Wasser gefriert; allein man kann diese Methode nur im Winter anwenden, dann aber mit Vortheil. Er hat später, als er vom Nutzen vergleichender Beobachtungea sprach, empfohlen, dass man bei jedem Thermometer angeben soll, bis wohin der Weingeist in gefrierendem Wasser sinke (pag. 170).

Boyle schlägt Anisöl vor, weil dasselbe während eines guten Theiles des Jahres fest ist, und gibt eine Anweisung, wie man den einen festen Punkt möglichst genau bestimmen kann. Hiebei bleibt er aber keineswegs stehen, sondern er bespricht eine Methode der Theilung, welche rationeller ist als jede vor ihm hergestellte. Wenn man nämlich den Rauminhalt der Röhre kennt, sowie die Menge Weingeist, welche sich im Thermometer befindet, so kann man angeben, dass bei dieser oder jener Erwärmung der Weingeist sich um den 40sten, 30sten, 20sten Theil ausgedehnt habe. Diese Methode sieht er auch nicht als vollkommen geeignet an, einen Standard zu erhalten. Sie ist später von Réaumur wieder aufgenommen worden.

---

[1] Exp. touch. Cold. 1665, 802. As not having seen *the XVIII* of our *Physico-mechanical Experiments,* before which I never saw nor heard of any thing published, or otherwise written to that purpose.

Bei den Versuchen zur Eintheilung der Röhre verfuhr Boyle mit einer bewunderungswürdigen Sorgfalt. Da es uns zu weit führen würde, in das Einzelne derselben einzutreten, so verweisen wir hierüber beispielsweise auf pag. 158 ff.

Wir haben von Boyle noch hervorzuheben, dass er das Verdienst hat, das geschlossene Thermometer in England eingeführt zu haben. Wie er zu der Kenntniss desselben gelangt ist, erfährt man nicht, allein er theilt mit, dass er viel Mühe gehabt habe, die Anhänger der alten Doktrin des Vacuums von der Möglichkeit solcher Instrumente zu überzeugen, besonders da er selbst nie ein solches gesehen habe. Nach mehreren Versuchen kam ihm der Umstand zu statten, dass ihm ein kenntnissreicher Reisender ein Florentiner Instrument zeigte, das er nun auch von englischen Arbeitern nachahmen liess; diese brachten es zu einer solchen Vollkommenheit, dass ihre Instrumente die Florentiner übertrafen. Den Weingeist färbte er mit Cochenille. Offenbar wurde Boyle in seinen Studien über Wärme und Kälte durch die Verwendung des geschlossenen Thermometers sehr gefördert.

Wer der Reisende gewesen, welcher ihm das Florentiner Instrument gezeigt hat, theilt er nicht mit. Ich möchte vermuthen, dass es Monconys gewesen sei.

Nach Monconys eigener Beschreibung traf er in London mit Boyle bei dem Besuche einer Akademiesitzung am 30. Mai 1663 zusammen und wurde von ihm in der höflichsten Weise behandelt.

Der Reisende führte aber die damals noch sehr wenig bekannten Thermometer mit sich; denn wir vernehmen auf derselben Seite des Buches eine thermometrische Beobachtung, die allerdings nicht gut zu deuten ist. Am 31. Mai sagt das Tagebuch: *Il fit fort froid sur le soir, et le Thermométre descendit a 6 et demy.* Boyle zeigte ihm sein heronsballartiges Thermometer [1]), mit welchem er aber damals nicht Wärmegrade mass, sondern die Luftveränderungen beobachtete; überdiess entwickelte ihm Boyle seine Ansicht über die Kapillarität.

In wie weit Boyle's Vorschlag, den Gefrierpunkt des Anisöles als festen Punkt zu verwenden, Anklang gefunden hat und in die Praxis übergegangen ist, möchte schwer zu bestimmen sein. Sicher ist, dass sich Halley [2]) auf Skalen bezieht, auf welchen dieser feste Punkt verwendet worden ist.

Die ältesten Beobachtungen, welche man in Frankreich mit einem Florentiner Thermometer gemacht hat, reichen in das Jahr 1670. De la Hire [3]) beobachtete nämlich seit jener Zeit ein solches Instrument, von Hubin verfertigt und mit einer willkürlichen Skale versehen. Da dieses Thermometer noch in die Zeit der vergleichbaren Instrumente hinein existierte (1742),

---

[1]) l. c. II, 45 und Fig. 7.

[2]) Phil. trans. Nr. 197, p. 656.

[3]) *van Swinden,* Dissert. sur les Therm. 119 sqq.; Mémoires de l'Acad. von 1700 an.

so konnten die damit angestellten Beobachtungen wenigstens annähernd auf die genauen Skalen bezogen werden. Im Einzelnen sind zwar die Beobachtungen nicht mehr vorhanden, allein wir lernen doch noch Maxima und Minima von dem Jahre 1700 an kennen.

Den Abstand zweier fester Punkte in eine bestimmte Anzahl gleicher Theile zu theilen, scheint zuerst vorgeschlagen worden zu sein von Honoratus Fabri [1]). Er hat einen Versuch gemacht, das damals noch gewöhnliche Luftthermometer mit einer brauchbaren Skale zu versehen, einen Versuch, welcher von den Bestrebungen der Florentiner nicht unabhängig zu sein scheint, der aber desshalb genannt zu werden verdient, weil Fabri deutlicher als ein Anderer vor ihm, zwei feste Punkte aufstellen und ihren Zwischenraum beurtheilen will.

Bei strenger Kälte bringt man Schnee aussen an die Kugel, welche die Luft einschliesst, und bezeichnet den Punkt, bis zu welchem sich die Flüssigkeit erhebt, sowie denjenigen, bis zu welchem die Flüssigkeit im heissen Sommer sinkt; so erhält man die Enden einer Linie, von welchen das obere grösste Kälte und mässige Wärme, das untere aber intensive Wärme und mässige Kälte bezeichnet [2]); andere Grade erhält man, wenn man diese Linie in acht Theile theilt.

Während bei den Florentiner Thermometern nach der Beschreibung der Saggi der Eispunkt nicht zur Bestimmung der Skale verwendet wird, sondern mehr zufällig an eine bestimmte Stelle der gewählten Skale fällt, nimmt ihn Fabri geradezu als Ausgangspunkt und theilt den Abstand zwischen ihm und der auch von den Florentinern gewählten Sommerwärme in gleiche Theile ein; freilich an einem Instrumente, welches ohne Luftdruckskorrektion gar keiner Temperaturskale fähig ist.

Leibnitzens [3]) Versuch einer Eintheilung beruhte auf einer unrichtigen Voraussetzung und war desshalb nicht von besonderer Bedeutung.

Im Jahre 1688 begegnen wir wieder zwei zweckmässigen Vorschlägen zur Herstellung von Skalen. Dalencé nämlich, dessen Schrift über das Thermometer wir wiederholt anzuführen Gelegenheit gehabt haben, gibt eine Anweisung zur Graduierung der Florentiner Thermometer. Nachdem er die Bereitung des Instrumentes selbst ausführlich beschrieben und angegeben hat, dass er sich zur Färbung des Weingeistes der Alcannawurzel bediene, und dass er statt einer Kugel eine abgeplattete Form wähle, weil sie sich besser durchwärme, fährt er pag. 73 fort:

On pourroit faire que tous les Thermométres se rapporteroient, si l'on vouloit, en les divisant, observer la métode suivante.

---

[1]) *Hon. Fabri*, Phys. Tom. III. Tract. V. Prop. CCLI, p. 186.

[2]) *Fabri* hält die Kälte noch nicht für einen niedrigen Grad der Wärme.

[3]) *Reyher* Pneumatica 1725, p. 196 sqq. Brief von *Leibnitz* vom 12. und 24. August 1679.

Le Thermométre étant fait comme il est ci-devant décrit, et étant mis sur la planche et dans sa bordure, on le doit plâcer dans l'endroit où il doit toûjours demeurer.

Il faut ensuite soigneusement observer en hiver quand l'eau commence à géler, et marquer alors sur la planche l'endroit où répond la superficie de la liqueur rouge.

Mettez en été un peu de beurre sur la boule de ce même Thermométre, et observez quand ce beurre fondra, vous ferez alors une seconde marque sur vôtre planche à l'endroit où finira la liqueur, divisez en deux parties égales l'espace qui est entre ces deux points, et l'endroit de la division sera la marque du tempéré, qui ne sera ni chaud ni froid.

Divisez chacun de ces espaces en dix dégrez égaux.

Marquez encore quatre de ces dégrez au dessus du point où le beurre fond, et quatre autres au dessous de celui où l'eau géle; vous aurez ainsi quinze divisions pour le froid et quinze pour le chaud.

On peut encore se servir de la métode suivante, pour diviser le Thermométre fait avec de l'esprit de vin et sêllé hermetiquement.

Il faut mettre ce Thermométre dans de la glace, à laquelle vous aurez ajoûté du sel commun, et ce sera le plus-grand froid qu'il peut faire.

Après que vous aurez laissé ce Thermométre dans cette glace, assez de temps pour qu'il en ait reçû l'impression, marquez alors l'endroit où sera la liqueur dans le cou.

Mettez ensuite ce même Thermométre dans une cave tres-profonde, et qui ne recevra aucune impression de l'air de déhors. Lorsque le Thermométre aura pris la température de l'air de cette cave, faites encore une marque à l'endroit où sera la liqueur dans le cou. Divisez l'espace contenu entre ces deux points en quinze divisions, que vous marquerez de chifres, à commencer par le point de la cave, qui est le tempéré, en descendant. Marquez de cè point tempéré, en remontant, quinze autres divisions égales au quinze prémiéres. Vous pouvez encore, par une observation, marquer le point ou l'eau commence à géler.

Tous les Thermométres, qui seront divisez suivant cette derniere métode, se rapporteront.

Die niedrige Temperatur, welche entsteht, wenn Schnee und Salz gemischt werden, hat die Aufmerksamkeit der Physiker seit der Erfindung des Thermometers auf sich gezogen; Sagredo, Sanctorius, die Florentiner Akademiker, Boyle und andere haben sich mit Bestimmungen darüber mehr oder weniger glücklich befasst. Konstant ist die Temperatur allerdings nur, wenn Schnee und Salz von bestimmter Temperatur und in bestimmter Menge gemischt werden und desshalb ist dieser Punkt ein fester Punkt von zweifelhaftem Werthe. Besser möchte der andere Punkt sein, wenn der unterirdische Raum in einer bestimmten Tiefe unter einem bestimmten Orte gewählt wird.

Auch diese Temperatur hat die Physiker des 17. Jahrhunderts viel beschäftigt. Wir

haben unsere Arbeit mit einer Notiz begonnen, welche hierauf Bezug hat; allein dieses ist nur eine vereinzelte Beobachtung. Weit umfassender hat Boyle über die Temperatur unterirdischer Räume Nachrichten gesammelt und deren Resultate behandelt, um einer aus dem Alterthum herstammenden Lehre, der *Antiperistasis*, entgegenzutreten. In einem Gespräch: Eine Untersuchung der *Antiperistasis*, wie sie beurtheilt und bewiesen zu werden pflegt [1]), theilt er mancherlei Erfahrungen dieser Art mit; er präzisiert seine Ansicht in folgender Weise:

Ich will die unterirdischen Räume von einander unterscheiden; einige sind tief, wie die beste Art von Kellern, andere noch tiefer wie die ungarischen Bergwerke, andere aber sehr wenig tief, wie viele gewöhnliche Keller und Gewölbe; von diesen drei Arten unterirdischer Räume werden die tiefsten nicht heiss und kalt, entsprechend den verschiedenen Jahreszeiten, wie die gewöhnliche Lehre der *Antiperistasis* verlangt, sondern sind beständig heiss. Die wenigst tiefe Art von unterirdischen Räumen sind bei kälterm Wetter kälter und bei wärmerm wärmer. Indem sie von der äussern Luft abgeschlossen sind, sind sie zwar nicht so bedeutenden Schwankungen ausgesetzt, weder in Bezug auf Kälte noch auf Wärme; allein wegen ihrer Nähe an der Erdoberfläche sind sie doch von der Lufttemperatur abhängig. Und in dieser Ansicht werde ich durch zwei Dinge bestärkt. Einmal habe ich einen Polen darüber befragt, ob er in seiner Heimat beobachtet habe, dass im strengen Winter Dünnbier in wenig tiefen Kellern gefriere und in tiefern flüssig bleibe, und er hat mir die Thatsache bestätigt; zum andern habe ich ein Geständniss eines anonymen Jesuiten, welcher anerkennt, dass er nur eine kleine Temperaturverschiedenheit im Brunnwasser gefunden, das während des Sommers und des Winters untersucht worden, obgleich der Brunnen ziemlich tief war; er gibt etwas später an, dass in Florenz, wo die unterirdischen Gewölbe weniger tief sind, die Luft darin im Winter kälter als im Sommer sei, während in den tiefen Kellern Roms das Umgekehrte beobachtet worden sei. So scheinen also die tiefsten unterirdischen Räume immer heiss zu sein; die wenigst tiefen sind nicht wärmer bei kaltem Wetter als bei warmem, und es ist noch zu bestimmen, wie es sich mit den mittlern verhält, welche ungefähr wie unsere bessern und tiefern Keller liegen.

Es zeigt nun, dass die Beobachter, welche darin Temperaturschwankungen gefunden haben, sich alle wahrscheinlich offener Thermometer bedient haben, welche selbst bei konstantem Atmosphärendruck Veränderungen zeigen müssen, wenn sie in einen tiefen Keller gebracht werden, wegen der grössern darauf liegenden Luftsäule.

So hat also Boyle die Konstanz der Temperatur tiefer Keller eingesehen. Zur Thermometrie scheint sie aber erst Dalencé angewandt zu haben.

In dasselbe Jahr, in welchem Dalencé's Schrift publiziert wurde, fällt eine für die Entwicklung des Thermometers sehr wichtige Untersuchung E. Halley's, deren Resultate in

---

[1]) Exp. touch. Cold. 1665, p. 697—788, nebst Postscript 789—803.

den *Philosophical Transactions* niedergelegt sind [1]) und mit welchen alle folgenden Verbesserungen zusammenhängen. Halley stellte sich die Aufgabe, für verschiedene Substanzen den Ausdehnungskoeffizienten zu bestimmen.

Die Ausdehnung des Wassers fand er zu gering, als dass diese Flüssigkeit zu thermometrischen Zwecken zu empfehlen wäre. An einem mässig kalten Wintertage beobachtete er nämlich, dass sich das Wasser um den 26sten Theil ausdehne, wenn es bis zum Sieden erhitzt wird. Es hat übrigens den Nachtheil, bei Temperaturen, welche bei uns vorkommen, zu gefrieren und so seinen Dienst zu versagen.

Die zweite Flüssigkeit, welche er untersuchte, war das Quecksilber; er fand, dass es sich von der, allerdings nicht genauer angegebenen Temperatur, welche es Anfangs hatte, bis zu dem Siedpunkt (nämlich des Wassers) um den 74sten Theil ausdehne; so lange das mit Wasser gefüllte Gefäss auch über dem Feuer im Kochen erhalten wurde, blieb das Quecksilber immer auf der gleichen Höhe; namentlich beobachtete Halley, dass das Quecksilber die Temperatur der Umgebung rasch annahm und rasch verlor. Dies würde das Quecksilber als thermometrische Substanz empfehlen, wäre nur seine Ausdehnung beträchtlicher.

Durch diesen Versuch hat Halley die Konstanz des Siedpunktes festgestellt und wohl zum ersten Male, wenigstens bedingt, Quecksilber empfohlen. Er hat aber auch sofort den Schluss gezogen, dass alle barometrischen Beobachtungen, welche nicht mit thermometrischen zusammengehen, einen nur bedingten Werth haben, indem die Quecksilbersäule bei gleichem Luftdrucke, aber verschiedener Temperatur, bald grösser, bald kleiner sein müsse.

Ein Versuch mit Weingeist ergab die Konstanz auch seines Siedpunktes, und eine Ausdehnung um den 12ten Theil. Da sich für eine bestimmte Weingeistsorte der Siedepunkt so genau bestimmen lässt, folgerte er, dass dieser Punkt als fester Punkt auf der Thermometerskala passend zu verwenden wäre; nur müsse darauf gesehen werden, dass immer dieselbe Qualität verwendet werde.

Kein Stoff ist aber in Bezug auf seine Ausdehnungsfähigkeit mit der Luft zu vergleichen; dieselbe Luft, welche in der strengsten Winterkälte 12 Raumeinheiten einnimmt, nimmt in der Sommerhitze 13 derselben Einheiten ein; daher empfiehlt er als thermometrische Substanz besonders Luft, weil sie nicht, wie der Weingeist, nach und nach ihre Ausdehnungsfähigkeit verliere und sehr empfindlich für Temperaturunterschiede sei.

Eine bestimmte Eintheilung führt er nun selbst nicht aus, sondern bemerkt, dass er noch einige Versuche nöthig habe, um ins Klare zu kommen. Da er annimmt, dass sich diese

---

[1]) Phil. Trans. Nr. 197. p. 650—656. An Account of several Experiments made to examine the Nature of the Expansion and Contraction of Fluids by Heat and Cold, in order to ascertain the Divisions of the *Thermometer*, and to make that Instrument, in all places, whitout adjusting by a Standard. By Mr. *Edm. Halley*, S. R. S.

Punkte nur mit einem gewissen Spielraume bestimmen lassen, so empfiehlt auch er als festen Ausgangspunkt die Temperatur eines tiefen Kellers, welche konstant sei, wie es unter dem Observatorium in Paris durch die langjährigen Beobachtungen De la Hire's erprobt worden.

Ausser diesen festen Punkten begegnen wir später auch noch der Blutwärme, deren annähernde Beständigkeit schon Borelli [1]), — und wohl zuerst, — mit Florentiner Thermometern nachgewiesen hatte.

So ist von dem ersten thermometrischen Grundversuche Galilei's an beinahe ein Jahrhundert verflossen — und ein Jahrhundert grosser wissenschaftlicher Arbeit, — bis der Boden gefunden war, auf welchem die Thermometrie auch unserer Tage noch beruht, bis zu der klaren Einsicht in den Zusammenhang gewisser Erscheinungen und Vorgänge mit bestimmten Temperaturen. Das siebenzehnte Jahrhundert hat die passende Form und die passenden Stoffe, Luft, Weingeist, Quecksilber, gefunden und die genaue Theilung vorbereitet, welche die Aufgabe des folgenden Jahrhunderts geworden ist. Mit abwechselnder Geschicklichkeit hat sich Wissenschaft und Technik bemüht, das Vollkommenste zu erreichen, und zur Herstellung der Skale von Newton bis DeLuc kaum eine geringere Zeit und Arbeit verwendet, als die Herstellung der Form und das Auffinden der Stoffe verlangt hat.

---

[1]) *Borelli*, De mote animal. Ausgabe von 1685. II, p. 137—138.

Berichterstattung der Lehrer des Pädagogiums

über den

im Schuljahr 1866 auf 1867 ertheilten Unterricht.

I. Lateinische Sprache.

Erste Classe. Acht Stunden wöchentlich. Herr *Conrect. Dr. Fechter.*

Gelesen wurde statarisch Livius II, 30—49, cursorisch Livius III, 1—59, hernach statarisch Ciceros Rede für den Archias, ein Theil der Rede für den Roscius aus Ameria; cursorisch die drei ersten Catilinarischen Reden. Den Stoff der poetischen Lectüre boten Ovids Metamorphosen (Phaeton, Niobe, Midas), sechs Elegien aus den Tristien, endlich das zweite Buch der Aeneide von Virgil. Wiederholung und Erweiterung des etymologischen Theils der Grammatik. Einübung der Syntax der Casus nach der »praktischen Anleitung zum Uebersetzen aus dem Deutschen ins Lateinische« von August. Wöchentlich eine lateinische Stylübung theils in Uebersetzungen aus A. Grotefends Materialien u. s. w. II. C. 2 Hft., theils in freier Bearbeitung von deutsch vorgelesenen Erzählungen aus der römischen Geschichte.

Zweite Classe. Acht Stunden wöchentlich. Herr *Prof. J. A. Mähly.*

Erstes Semester. Ciceros Sestiana. Virgils Aeneid. lib. II et IV (theilweise mit metrischer Uebersetzung). Ausgewählte Abschnitte der Syntax (nach Madvigs grösserer Grammatik). Wöchentlich ein Scriptum (meist aus Süpfles Uebersetzungsstücken). Die ersten Capitel von Cicero de divinatione.

Zweites Semester. Cicero de divinatione lib. I, statarisch und cursorisch. Ausgewählte Abschnitte aus Ovids Metamorphosen, das erste Buch der Tristien, nebst Auswendiglernen aus beiden Werken. Ciceros fünfte Rede gegen Verres, theils statarisch, theils cursorisch. Fortsetzung der wöchentlichen Scripta und der Syntaxübungen.

Dritte Classe. Acht Stunden wöchentlich. Herr *Prof. D. Gerlach.*

Im Sommersemester wurden die Reden Ciceros de lege agraria und Salustius bell. Jugurth. erklärt, und diese in jeder Beziehung ausgezeichneten oratorischen und historischen Meisterwerke nach Sprache und Inhalt genau und sorgfältig erläutert. Drei Stunden.

Von Dichtern wurde Plautus Captivi und ausgewählte Abschnitte aus Lucretius de rerum natura gelesen, und die Eigenthümlichkeiten poetischer Darstellung bemerklich gemacht. Drei Stunden.

Wöchentlich wurde eine lateinische Ausarbeitung aus dem Gebiete der geschichtlichen Schreibart gemacht, genau besprochen und erläutert, woran sich einzelne Excurse über die ateinische Syntax anreihten. Zwei Stunden.

Im Wintersemester wurden Tacitus Annalen lib. I und die Abschnitte über die germanischen Kriege aus den Annalen und Historien erklärt. Drei Stunden.

Ferner die Oden des Horaz und theilweise die Epoden, welche sich für die Schule eignen, abwechselnd in lateinischer Sprache interpretiert, die verschiedenen Versarten erläutert, und das Wesentliche der Horazischen Lyrik zur Kenntniss gebracht. Drei Stunden.

Die Uebungen im Lateinschreiben wurden fortgesetzt, einige Abschnitte der lateinischen Syntax behandelt, und Anleitung zur Verfertigung lateinischer Verse gegeben. Zwei Stunden.

II. Griechische Sprache.

Erste Classe. Sechs Stunden wöchentlich. Herr *L. Sieber.*

Lectüre, Prosa zwei Stunden: Xenophons Anabasis B. II, III, IV, VII; Poesie zwei Stunden: Homers Odyssee B. I (auch memoriert), II, V.

Grammatik, 2 Stunden: § 1—320 von Curtius griechischer Schulgrammatik. Ausserdem von Zeit zu Zeit Uebersetzungen aus dem Deutschen ins Griechische. Freiwillige Uebersetzungen und Privatlectüre.

Zweite Classe. Sechs Stunden wöchentlich. Herr *Prof. J. A. Mähly.*

Erstes Semester. Herodot lib. VIII mündlich und schriftlich übersetzt und erklärt. Isocrates Panegyricus, die ersten 70 §. Ausgewählte Capitel der Syntax (nach Curtius und M. Seyffert), wöchentlich eine Stunde, und entsprechende Uebersetzungen aus dem Deutschen ins Griechische (nach Gaupp und Holzer), ebenfalls eine Stunde wöchentlich.

Zweites Semester. Fortsetzung und Schluss von Isocrates Panegyricus; Homers Ilias, lib. XIII, XVI, XVII, Memoriren einiger hundert Verse des erstgenannten Buches. Fortsetzung der Uebersetzungsübungen (nach M. Seyffert), und der syntactischen Uebungen (Modi, consecutio tempor. u. s. w.)

Dritte Classe. Sechs Stunden wöchentlich. Herr *Prof. Kiessling.*

Im Sommer: Sophocles Aias zweistündig. Plato Apologie und Kriton zweistündig. Cursorisch Homer Ilias VII—XII einstündig. Grammatische Repetitionen nach Curtius einstündig.

Im Winter: Sophocles Electra zweistündig. Demosthenes Olymp. Reden I. II. über den Chersones. Philipp. III. zweistündig. Cursorisch Homer Ilias XIII, XIV, XXII—XXIV einstündig. Subitanea einstündig.

III. Deutsche Sprache.

Erste Classe. Drei Stunden wöchentlich. Herr *L. Sieber.*

Einleitung in die Grammatik der deutschen Sprache; Lautlehre; Syntax (1. von der Satzbildung im Allgemeinen; 2. vom einfachen Satz), Lesung, Erklärung und Recitation ausgewählter Balladen und Romanzen von Bürger, Schiller, Gœthe, Uhland, Chamisso, Schwab. Aufsätze.

Zweite Classe. Drei Stunden wöchentlich. Herr *L. Sieber.*

Syntax (der einfache, der erweiterte, der verbundene Satz, die Ellipsen). Lektüre, Erklärung und theilweise auch Recitation von Uhlands Herzog Ernst und von Lessings Minna von Barnhelm (Schulausgabe von Tomaschek). Aufsätze.

Dritte Classe. Drei Stunden wöchentlich. Herr *Prof. Dr. Wilh. Wackernagel.*

Metrik in litterargeschichtlicher Anordnung und Entwickelung der verschiedenen Vers- und Strophenformen; die begleitenden Beispiele aus dem Lesebuch des Lehrers, Th. II; Lesung von Gœthe's Iphigenie. Alle drei Wochen ein Aufsatz.

IV. Französische Sprache.

Herr *Prof. Dr. Girard.*

Première classe. Trois leçons. Lecture du deuxième volume de la chrestomathie de Vinet; étude spéciale d'un certain nombre de morceaux. — Grammaire de Borel. — Compositions de quinze en quinze jours.

Deuxième classe. Trois leçons. Lecture et étude du troisième volume de la chrestomathie, avec des développements littéraires sur les auteurs des morceaux qu'elle renferme. — Grammaire de Borel, suite et fin. — Compositions.

Troisième classe. Deux leçons. Dans le premier semestre, traduction de la *Guerre de 30 ans,* de Schiller. — Lectures choisies. — Dans le second semestre, abrégé de l'histoire de la langue et de la littérature françaises depuis son origine jusqu'à la fin du 16 siècle. — Compositions pendant toute l'année.

V. Geschichte.

Erste Classe. Vier Stunden wöchentlich. Herr *Dr. J. J. Bernoulli.*

Geschichte des Orients, der Griechen und der Römer bis zum Untergange des weströmischen Reiches.

Zweite Classe. Vier Stunden wöchentlich. Herr *Prof. J. Burckhardt.*

Von Diokletian bis zur Mitte des XIV. Jahrhunderts.

Dritte Classe. Vier Stunden wöchentlich. Herr *Prof. J. Burckhardt.*

Vom Anfange des XIV. Jahrhunderts bis zum westfälischen Frieden.

VI. Mathematik und Physik.

Herr *Dr. Fr. Burckhardt.*

Erste Classe. Vier Stunden wöchentlich. Algebra: Theorie und Gebrauch der Logarithmen; Zinseszins- und Rentenrechnung. Geometrie. Im Sommer: Erweiterung der Planimetrie; Sätze über Transversalen, besondere Dreieckspunkte, harmonische Theilung, den goldenen Schnitt; im Winter: Stereometrie mit zahlreichen Uebungsaufgaben.

Zweite Classe. Vier Stunden wöchentlich. Im Sommer: Die ebene Trigonometrie. Im Winter: Die analytische Geometrie der Ebene: Punkt, Gerade, Kreis, Ellipse, Parabel, Hyperbel.

Dritte Classe. Vier Stunden wöchentlich. Physik, mit besonderer Auswahl solcher Abschnitte, welche eine elementar-mathematische Behandlung gestatten; die allgemeinen Eigenschaften der Körper; Gleichgewicht und Bewegung fester, flüssiger und luftförmiger Körper; die Lehre von der Wärme und vom Lichte.

VII. Religion.

Dritte Classe. Zwei Stunden wöchentlich. Herr *Prof. Dr. Herm. Schultz.*

Darstellung der grundlegenden Gedanken der evangelischen Glaubenslehre. Lektüre des Jacobus- und Römerbriefes, nebst Entwicklung des Paulinischen Lehrbegriffes und der Verhältnisse des apostolischen Zeitalters.

VIII. Turnen.

Herr *Friedr. Iselin.*

Erste Classe. Zwei Stunden wöchentlich. Uebersicht und Durchturnen der Ordnungsübungen, einfacheren Freiübungen und der Hauptzustände und -Bewegungen in Stütz und Hang

an Geräthen, mit gleichzeitiger kurzer theoretischer und sprachlicher Erklärung. Einturnen einiger Hauptübungsgruppen oder Vertreter derselben. — Turnspiele.

Zweite und dritte Classe. Je zwei Stunden wöchentlich. Kurze Wiederholung der Ordnungsübungen erster und zweiter Art. — Anleitung zum Aufstellen, Durchführen und Befehligen von schwierigern Uebungsgruppen aus dem Gebiete der Freiübungen und des Geräthturnens und Einübung derselben. — Turnspiele.

Verzeichniss der Schüler des Pädagogiums

im Schuljahr 1866 auf 1867.

Bemerkung. Die mit * bezeichneten Schüler sind während des Schuljahres aus der Anstalt ausgetreten; die mit † bezeichneten mit dem Zeugniss der Reife am Ende des ersten Semesters an die Universität entlassen worden.

I. Classe.

Rang.	*Name.*	*Heimath.*
1.	Isaak Iselin,	Basel.
2.	Gotthilf Hauri,	Hirschthal (Aargau).
3.	Jakob Straumann,	Bubendorf (Baselland).
4.	Karl Miescher,	Basel.
5.	Karl Habrecht,	Breslau (Preussen).
6.	Heinrich Scherrer,	Nesslau (St. Gallen).
7.	Richard Zutt,	Basel.
8.	Benjamin Plüss,	Basel.
9.	Jules Cornu,	Villars-Mendraz (Waadt).
10.	Max Specht,	Röteln (Grossh. Baden).
*	Heinrich Wilhelmi,	Brudersdorf (Mecklenburg).
*	Emanuel Schiess,	Herisau (Appenzell).
*	Reinhard Meister,	Basel.
*	Johannes Rechsteiner,	Wald (Appenzell).

II. Classe.

Rang.	*Name.*	*Heimath.*
1.	Anton von Sprecher,	Chur (Graubündten).
2.	Robert Fiechter,	Böckten (Baselland).
3.	Karl Tobler,	Basel.
4.	Alfred Schiess,	Herisau (Appenzell).
5.	Eduard Hörnle,	Ludwigsburg (Würtemberg).

Rang.	Name.	Heimath.
6.	Robert Grüninger,	Basel.
7.	Jakob Graf,	Rebstein (St. Gallen).
8.	Wilhelm VonderMühll,	Basel.
9.	Friedrich Stücklin,	Thumringen (Grossh. Baden).
10.	Gustav Zimmermann,	Basel.
11.	Jacob Probst,	Basel.
12.	Adolf Seiler,	Frenkendorf (Baselland).
13.	Emanuel Probst,	Basel.
14.	Ernst Sury,	Solothurn.
15.	Johannes Müller,	Basel.
16.	Rudolf Schuler,	Glarus.
17.	Alfred VonderMühll,	Basel.
18.	Karl Frikart,	Zofingen (Aargau).
19.	Robert Raupp,	Mappach (Grossh. Baden).
20.	Eduard Güder,	Bern.
Ohne Rang:	August Courvoisier,	Basel.
*	Heinrich Meyer,	Kloten (Zürich).

III. Classe.

Zeugniss.	Rang.	Name.	Heimath.	Beruf.
Nr. I.	1.	Heinrich Banga,	Mönchenstein (Baselland).	Medizin.
„ I.	2.	Huldreich Lutz,	Lutzenberg (Appenzell).	Theologie.
„ II.	3.	Johannes Hauri,	Hirschthal (Aargau),	Theologie.
„ II.	4.	Emanuel Iselin,	Basel.	Handlung.
„ II.	5.	Lebrecht Sandmeyer,	Fahrwangen (Aargau).	Theologie.
„ II.	6.	Karl Schardt,	Basel.	Theologie.
„ II.	7.	Achilles Burckhardt,	Basel.	Philologie.
„ II.	8.	Bernhard Riggenbach,	Basel.	Theologie.
„ II.	9.	Karl Merian,	Basel.	Theologie.
„ III.	10.	Gottlieb Fleischer,	Rovečín (Mähren).	Theologie.
„ IV.	11.	Emanuel Nidecker,	Basel.	Theologie.
		† Johannes Lichtenhahn,	Basel.	Theologie.
		† Johannes Hoffmann,	Basel.	Theologie.
		* Alfred Alioth,	Basel.	
		* Julius Stahel,	Elgg (Zürich).	

Lehrplan des Pädagogiums
für das Schuljahr 1867—1868.

Erste Classe.

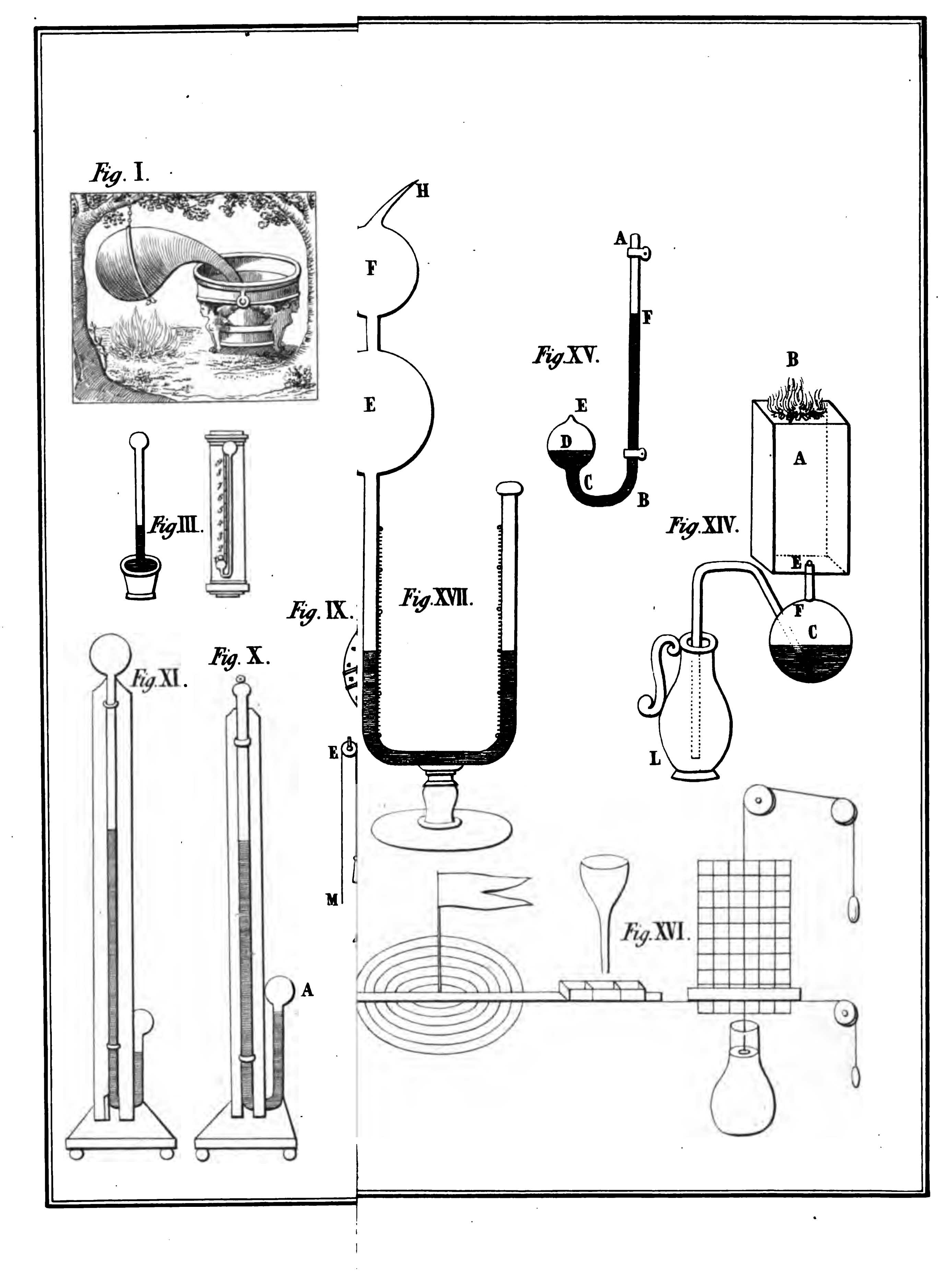
Lateinisch:	8	Stunden,	Herr	Dr. Fechter.
Griechisch:	6	»	»	Sieber.
Deutsch:	3	»	»	»
Französisch:	3	»	»	Prof. Girard.
Geschichte:	4	»	»	Dr. Bernoulli.
Mathematik:	4	»	»	Dr. Fr. Burckhardt.
Turnen:	2	»	»	Iselin.

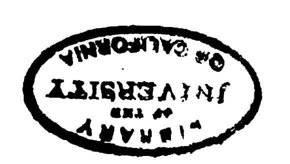
Zweite Classe.

Lateinisch:	8	Stunden,	Herr	Prof. Mähly.
Griechisch:	6	»	»	» »
Deutsch:	3	»	»	Sieber.
Französisch:	3	»	»	Prof. Girard.
Geschichte:	4	»	»	» Jac. Burckhardt.
Mathematik:	4	»	»	Dr. Fr. Burckhardt.
Turnen:	2	»	»	Iselin.

Dritte Classe.

Lateinisch:	8	Stunden,	Herr	Prof. Gerlach.
Griechisch:	6	»	»	» Kiessling.
Deutsch:	3	»	»	» Wackernagel.
Französisch:	2	»	»	» Girard.
Geschichte:	4	»	»	» Jac. Burckhardt.
Mathematik und Physik:	4	»	»	Dr. Fr. Burckhardt.
Religion:	2	»	»	Prof. Schultz.
Turnen:	2	»	»	Iselin.


Fig. I.
Fig. III.
Fig. IX.
Fig. X.
Fig. XI.
A
Fig. XVII.
H
F
E
E
M
Fig. XV.
A
F
E
D
C
B
Fig. XIV.
B
A
E
F
C
L
Fig. XVI.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA


QC271
B8
131609

